Written according to the Syllabus of studies prescribed by the Board of Secondary Education, West Bengal, for Classes IX, X & XI of all Higher Secondary and Multipurpose Schools of West Bengal.

রসায়ন প্রবেশ

প্রথম খণ্ড

[উচ্চতর মাধ্যমিক মানের পাঠ্য রসায়ন-পুস্তক]

ডঃ শিশিরকুমার সিংহ এম্. এস্-সি., ডি. ফিল্.,
ডব্লিউ. বি. ই. এস.

দার্জিলিং গভর্ণমেণ্ট কলেজের রসায়ন-শাস্ত্রের প্রধান অধ্যাপক

ইউনিয়ন পাবলিশার্স্

৩৮, সূর্য সেন স্ট্রীট

(পূর্বতন মির্জাপুর স্ট্রীট)

কলিকাতা-৯

প্রকাশক :
শ্রী এ. কর, বি. এ.
৩৮, সূর্য সেন স্ট্রীট,
(পূর্বতন মির্জাপুর স্ট্রীট
কলিকাতা-৯

প্রথম সংস্করণ—মার্চ, ১৯৭৮
দ্বিতীয় সংস্করণ   মার্চ, ১৯৫৯

মূল্য ৫ ৫০ টাকা

চিত্রশিল্পী
পি. ভট্টাচার্য

মুদ্রাকর :
শ্রীননীমোহন সাহা
রূপশ্রী প্রেস (প্রাইভেট) লিঃ
৯, আন্টনী বাগান লেন,
কলিকাতা-৯

ভূমিকা

ডঃ শিশিরকুমার সিংহের ন্যায় একজন অভিজ্ঞ অধ্যাপক মাতৃভাষায় রসায়নের পুস্তক রচনায় ব্রতী হইয়াছেন—ইহা অতীব আনন্দের বিষয়।

পাঠ্যপুস্তক রচনায় সাধারণত যে ধারা অবলম্বন করা হয়, ডঃ সিংহ সেই সমস্ত প্রচলিত ধারার বিরুদ্ধে গিয়া যে সাহসের পরিচয় দিয়াছেন তজ্জন্য তাঁহাকে অভিনন্দন জানাই।

বিদ্যালয়ের পাঠক্রমের মধ্যে বিজ্ঞানের স্থানপ্রাপ্তির ইতিহাস খুব প্রাচীন নহে। বিজ্ঞান, বিশেষ করিয়া রসায়ন ইত্যাদি শিক্ষার কোনো সাংস্কৃতিক মূল্য নাই, আছে কেবল দুর্গন্ধ ও বিস্ফোরণ—বহুদিন যাবৎ ইহাই ছিল অধিকাংশ শিক্ষাবিদের অভিমত। এখন আর সে যুগ নাই। বর্তমানে পৃথিবীর অধিকাংশ দেশেই উচ্চবিদ্যালয়ের পাঠক্রমে বিজ্ঞান একটি বিশিষ্ট স্থান অধিকার করিয়া আছে।

বিজ্ঞানশিক্ষার বহুল প্রচারের জন্য প্রয়োজন উপযুক্ত শিক্ষক ও উৎকৃষ্ট পাঠ্যপুস্তক। সাধারণ পাঠ্যপুস্তকে রসায়নের সূত্রগুলি সব প্রথম দিকে থাকে, এবং শেষের দিকে এই সমস্ত সূত্রের প্রয়োগ পাওয়া যায়। ডঃ সিংহ অব্যবহিত প্রয়োগ ব্যতীত কোনো সূত্রের অবতারণা করেন নাই। সুনির্বাচিত পরীক্ষার সাহায্যে তিনি প্রতিটি বিষয় ছাত্রদের নিকট উপস্থাপিত করিয়াছেন, এবং পর্যবেক্ষণ দ্বারা তাহাদিগকে সিদ্ধান্তে পৌঁছিতে সাহায্য করিয়াছেন। ইহাতে ছাত্রছাত্রীদের নিজেদের বিচারশক্তি বৃদ্ধি পাইবে ও পাঠে ঔৎসুক্য জন্মিবে বলিয়া আশা করা যায়।

পরমাণু-গঠনের ন্যায় জটিল বিষয়কেও তিনি বিদ্যালয়ের ছাত্রছাত্রীদের উপযোগী করিয়া সহজবোধ্য করিতে সমর্থ হইয়াছেন, এবং পরমাণুগঠন-তত্ত্বের সাহায্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার কার্য-কারণ-সম্বন্ধ নির্দেশ করিয়াছেন। ইলেক্ট্রন সাহায্যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ-সামঞ্জস্যে তিনি যে

পদ্ধতি দিয়াছেন, তাহা শিক্ষা করিলে ছাত্রছাত্রীদের নিকট সমীকরণ আর ভীতিপ্রদ বলিয়া মনে হইবে না।

রসায়ন-শিল্পের অপ্রচলিত পদ্ধতিগুলি—যাহাদের কেবলমাত্র ঐতিহাসিক মর্যাদা আছে সেগুলি—সংক্ষেপে দিয়া প্রচলিত পদ্ধতিগুলির বিশদ বর্ণনাও এই পুস্তকের অন্যতম বৈশিষ্ট্য।

আশা করি, যাহাদের জন্য গ্রন্থখানি লিখিত তাহাদের নিকট ইহা সমাদর লাভ করিবে।

বিজ্ঞান কলেজ,
কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়
১১ই ফেব্রুয়ারী,
১৯৫৮

ডঃ ভুপেন্দ্রনাথ ঘোষ
ডি. এস-সি. (লণ্ডন), এফ্. এন্. আই.,
পালিত অধ্যাপক, রসায়ন বিভাগ,
কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়

গ্রন্থকারের নিবেদন

উচ্চতর ইংরাজী বিদ্যালয় ও ইণ্টারমিডিয়েট পরীক্ষার রসায়ন পাঠক্রম অনুসারে লিখিত এই পুস্তকটিতে প্রথম শিক্ষার্থীদের উপযোগী করিয়া সহজ ও সরল মাতৃভাষায় রসায়নের প্রাথমিক বিষয়বস্তুগুলি বিবৃত করা হইয়াছে।

পাঠক্রম অনুসারে লিখিত হইলেও বিষয়বস্তুর ধারাবাহিকতা ও সহজ-বোধ্যতার প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া অধ্যায়-সংযোজনায় কিছু কিছু পরিবর্তন করিতে হইয়াছে। পরীক্ষার্থীদের সুবিধার্থ প্রতি অধ্যায়ের শেষে প্রশ্নাবলীও দেওয়া হইয়াছে।

পুস্তকখানি যাহাতে কেবলমাত্র নীরস পরীক্ষা-পাশের উপকরণ হইয়া না দাড়ায়, সেজন্য ছাত্রছাত্রীদের কৌতূহল জাগ্রত করিবার মানসে পরমাণু বোমা, জমির সার, বিভিন্ন বিস্ফোরক পদার্থ প্রভৃতি কয়েকটি চিত্তাকর্ষক বিষয়ের বিস্তৃত বর্ণনা দেওয়া হইয়াছে। কৌতূহলী শিক্ষার্থীরা ইহা দ্বারা উদ্বুদ্ধ হইয়া রসায়নশাস্ত্র সম্বন্ধে অধিকতর আগ্রহশীল হইলে আমার শ্রম সার্থক জ্ঞান করিব।

যে সকল অধ্যায়গুলি পশ্চিমবঙ্গের মাধ্যমিক বোর্ডের পাঠক্রমে নাই, অথচ কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের ইণ্টারমিডিয়েট পরীক্ষায় আছে, সেগুলিও এই পুস্তকে দেওয়া হইয়াছে।

অন্য যে কোনো প্রণালী অপেক্ষা পরমাণু-গঠনের সাহায্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ব্যাখ্যা যে অনেক সহজ, একথা বহু প্রখ্যাতনামা রসায়নবিদ্ ও গ্রন্থকার স্বীকার করিয়াছেন। ইহার ফলে শিক্ষার্থীদের মধ্যে যে প্রচলিত ধারণা আছে যে রসায়নে বুদ্ধির প্রয়োগ সামান্য,—কেবলমাত্র কণ্ঠস্থ করিলেই ইহা শিক্ষা করা যায়—এই ভ্রান্ত ধারণার কিঞ্চিৎ অপনোদন হইবে।

এই পুস্তক প্রণয়নে বঙ্গীয় বিজ্ঞান-পরিষদ্ কর্তৃক প্রকাশিত পরিভাষা ও শ্রীযুক্ত রাজশেখর বসু মহাশয়ের 'চলন্তিকা' অভিধানের পরিভাষা ব্যবহার করিয়াছি। বাংলা ভাষায় রসায়ন-চর্চার অন্যতম পথিকৃৎ অগ্রজ-প্রতিম অধ্যাপক শ্রীপ্রতুলচন্দ্র রক্ষিতের 'মাধ্যমিক রসায়ন বিজ্ঞানে' প্রদত্ত

তাঁহার নিজস্ব অনেক পরিভাষাও গ্রহণ করিয়াছি। তাঁহাকে আমার ধন্যবাদ জানাই।

পরিশেষে এই গ্রন্থ প্রকাশে নানাভাবে সাহায্য করার জন্য শ্রীযুক্ত নীলেন্দ্র সরকার এবং শ্রীযুক্ত জিতেন্দ্রনাথ বন্দ্যোপাধ্যায় ও প্রকাশক শ্রীঅরবিন্দ কুরকে আমার আন্তরিক ধন্যবাদ ও কৃতজ্ঞতা জানাই।

কলিকাতা শ্রীশিশিরকুমার সিংহ

১০. ২. ৫৮

দ্বিতীয় সংস্করণের নিবেদন

'রসায়ন প্রবেশের' দ্বিতীয় সংস্করণ বাহির হইল। পুস্তকখানি প্রকাশের সঙ্গে সঙ্গেই ছাত্রছাত্রী ও শিক্ষকমণ্ডলীর নিকট যে সমাদর লাভ করিয়াছে, তাহাতে আমার শ্রম সার্থক হইয়াছে। বহু শিক্ষক ইহার উপযোগিতার কথা উল্লেখ করিয়া এবং ইহার উৎকর্ষ সাধনের জন্য পরামর্শ দিয়া পত্র দিয়াছেন। তাঁহাদিগকে আমার আন্তরিক ধন্যবাদ জানাই। প্রথম সংস্করণে যে সমস্ত ভুলত্রুটি ছিল, দ্বিতীয় সংস্করণে তাহাদের সংস্কার-সাধনের যথাসাধ্য চেষ্টা করা হইয়াছে। সহজবোধ্যতা এবং পৌর্বাপর্য অক্ষুণ্ণ রাখিয়া যতদূর সম্ভব অধ্যায়গুলিকে বোর্ড-প্রদত্ত সিলেবাস অনুযায়ী সজ্জিত করা হইয়াছে। কিন্তু, কতকগুলি বিশেষ ক্ষেত্রে ইহার ব্যতিক্রম করা হইয়াছে। যেমন, চিহ্ন, সংকেত ও সমীকরণের অধ্যায়টি (ষষ্ঠ অধ্যায়) হাইড্রোজেন ইত্যাদির পূর্বে দেওয়া হইয়াছে। এইগুলি সম্বন্ধে জানা থাকিলে রাসায়নিক ক্রিয়ার প্রকাশ ও বর্ণনা অনেক সহজ হয় তাহা বলাই বাহুল্য। সেইরূপ, পরমাণুর গঠন ও জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার অধ্যায় দুইটিও সিলেবাস-নির্দিষ্ট স্থানের পূর্বে দেওয়া হইয়াছে।

এইরূপে শিক্ষার্থী ও শিক্ষকমণ্ডলীর প্রয়োজনীয়তা ও উপযোগিতার প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া পুস্তকটির যে পুনর্বিন্যাস করা হইয়াছে, আশা করি ইহা তাঁহাদের সমর্থন লাভ করিবে।

কলিকাতা শ্রীশিশিরকুমার সিংহ

১০. ২. ৫৯

সূচীপত্র

প্রথম খণ্ড

বিষয় | পৃষ্ঠা

বিষয় | পৃষ্ঠা

CHEMISTRY

CLASS—X

COURSE CONTENT	NOTES
	(D—Demonstration by teacher)
1. Hydrogen peroxide: preparation, properties and uses.	D—Apparatus for distillation uder reduced pressure.
2. (a) Law of conservation of mass.	D—Apparatus to show that it holds good for burning of charcoal, phosphorus or magnesium, as also for other types of reactions.
Laws of definite proportion and multiple proportions, Examples to illustrate the laws.	
(b) Dalton's Atomic Theory	Explanation of the laws of chemical combination by weight by this theory may well be omitted
3. Nitrogen and its compounds,	
(i) Ammonia—Preparation (laboratory method, as also synthesis*), properties, uses.	*Descriptions of commercial plants not required.
Catalytic oxidation to nitric oxide and nitric acid,*	Refrigeration. Visit to an ice factory.
Ammonium salts,—their uses, oxidation in the soil.	
(ii) Sodium & potassium nitrates, Preparation of nitric acid (from nitrates and from ammonia), reactions of nitric acid (a) as an acid, (b) as an oxidising agent.	Only an elementary treatment of the action of nitric acid, on metals in general is required
Nitrates: action of heat on them.	
(iii) Nitric oxide and nitrogen peroxide as reduction products of, and in relation to nitric acid.	Detailed study of this oxides is not required
Use of nitrous oxide in anaesthesia.	
(iv) The Nitrogen Cycle: necessity of using nitrogenous fertilisers.	D—Chart of the Nitrogen Cycle.

COURSE CONTENT	NOTES
3. 1. (*a*) Phosphorus as a chemical analogue of nitrogen.	Treatment of the contents not to exceed one page.
Preparation of phosphorus from phosphatic minerals, white and red phosphorus.	
Tri—and pentoxide. Orthophosphoric acid (only preparation from bone-ash and from phosphorus pentoxide); use of superphosphate of lime as manure.	
(*b*) Arsenic as another member of the same family, use of arsenates and arsenites.	Treatment only in a short paragraph.
4. Carbon and its oxides	
(*a*) Allotropic forms of carbon—Uses of graphite and charcoal.	Only definition and illustration of allotropy required. D—Different allotropic forms D—To show use of charcoal for absorbing gases, and for removing undesirable colouring matters.
(*b*) Chalk, limestone and marble. Laboratory and commercial preparation of carbon dioxide, its properties and uses.	D—Chart of lime kin Simple fire-extinguishers D—Washing soda and baking powder
Carbonates and bicarbonates.	D—Chart or assemblage of experimental arrangement.
Composition of carbon dioxide by weight and by volume.	D—Chart of the Carbon or Carbon Dioxide Cycle
The Carbon Cycle Mineral waters	
(*c*) Carbon monoxide—preparation, properties and uses	
5 Behaviour of gases—Boyle's Law and Charles' Law. Gas equation.	Experimental verification of these laws is not required in Chemistry
6 Gay Lussac's Law of Gaseous Volume	
7. Avogadro's Law and its applications.	
(i) (*a*) Relation between molecular weight and vapour density	

COURSE CONTENT	NOTES
(*d*) Establishment of formulae of gases from their volumetric composition	
(*c*) Determination of atomic weight of elements Numerical proble-	
(*ii*) Gram molecule, gram molecular weight. Problems.	
8 Simple calculations, from equations of reacting weights of substances and volumes of gases	
9. Chlorine and its compounds (*i*) (*a*) Sodium Chloride Preparation and properties of hydrogen chloride, volumetric composition.	D—Apparatus for showing volumetric composition of the gas.
Chlorides :	
(*b*) Chlorine—Its production by the oxidation of hydrochloric acid and by electrolysis of the acid and of chlorides properties.	Only the chemistry of Weldon's and Deacon's Processes required.
(*c*) Bleaching powder	Only preparation, use and formula (without discussion),
(*i*) Fluorine, bromine and iodine, as other members of the halogen family	D—Bromine and iodine.
Use of aqueous hydrofluoric acid, iodine in medicine	D—Etching of glass.
10 Sulphur and its compounds	
(*i*) Sulphur its extraction and uses	Allotropic forms and the behaviour of sulphur on heating are not required
(*ii*) Sulphur dioxide—Preparation —	Description of burners not required.
(*a*) by oxidation of sulphur and sulphide ores	
(*b*) from sulphites,	
(*c*) from sulphuric acid	
Properties, uses as a bleaching agent and as a preservative.	

COURSE CONTENT	NOTES
(iii) Sulphuric acid. Chemistry of its manufacture by lead chamber process and by contact process. Its properties (a) as an acid. (b) as a dehydrating agent.	Descriptions of commercial plants are not required.
Sulphates. Alum.	
(iv) Hydrogen sulphide—Preparation and properties. Use as a laboratory reagent. Sulphides	

PRACTICAL CHEMISTRY

1. Preparation and properties of ammonia and carbon dioxide.
2. Study of the Properties of Hydrochloric acid and chlorine and of the action of hydrogen sulphide on solutions of salts.
3. Simple exercises on the effects of heat and of reagents on substances including the recognition of evolved gases—e g , hydrogen, oxygen, carbon dioxide, chlorine, hydrogen chloride, hydrogen sulphide, sulphur dioxide, ammonia,
4. Identification of the acid radicals, nitrate, chloride, carbonate, sulphate, sulphide and sulphite

BOARD OF SECONDARY EDUCATION, WEST BENGAL
HIGHER SECONDARY COURSE
CHEMISTRY
CLASS IX

COURSE CONTENT — **NOTES**

(D—Demonstration by teacher)

1 The role of Chemistry in modern life

Brief reference to contributions of Chemistry to. (*a*) improved health and sanitation, (*b*) supply of foodstuff, (*c*) increase in comfort, convenience and pleasures, (*d*) increased efficiency of technical processes, etc

2 Common laboratory processes decantation, filtration, extraction, evaporation, crystallisation distillation and sublimation

D—Familiarity with .

(*i*) Vessels for. holding, and those for measuring liquids, retort, Woulff's bottle, evaporating dish, funnel, etc

(*ii*) Burners, Heating and evaporating appliances

D—Relevant experiments and the use of these processes in preparing pure substances, etc

3 (*a*) Physical states of matter melting and boiling points

(*b*) Identification of matter Physical and chemical properties

D—To show how solids, liquids and gases differ in their physical properties (e.g., touch, colour, smell, solubility, magnetic reaction, etc), and chemical properties (e.g., behaviour on heating, treatment with acids, alkalis and other reagents),

(*c*) Physical and chemical changes

The following changes may be illustrative melting of ice and wax, burning of coal, conversion of water to steam, rusting of iron, magnetisation of iron, heating the filament of an electric current by electric current, heating of copper wire and platinum wire by Bunsen flame, slaking of lime.

Brief mention of factors that induce and regulate chemical change e.g., close contact, temperature, pressure, catalysis, etc.

COURSE CONTENT	NOTES
(*d*) Chemical compounds and mechanical mixtures	D—Study of the difference between a mixture and a compound of iron and sulphur
(e) Elements and compounds	
(*f*) Metals and non-metals.	Only an elementary idea at this stage.
4. Study of Air	
(*a*) Air is not an element : contains oxygen and nitrogen (*b*) Proportion (by volume) of these gases in air.	D—(*i*) Increase in weight during the burning of magnesium in air (*ii*) Experiment with burning phosphorus in air inside a bell-jar (*iii*) Chart of Lavoisier's bell-jar experiment
(*c*) Air is a mixture of oxygen and nitrogen.	
Other gases present in the atmosphere	Only names of these gases are required
5. Oxygen	
(*a*) Preparation (from mercuric oxide and from potassium chlorate) , catalysis (only definition and illustration). Commercial preparation from liquid air.	Apparatus for liquifaction is not required, nor also details of fractionation of the liquid
Properties and uses.	D—The burning of charcoal, sulphur, phosphorus, magnesium sodium and iron Testing the product with water and litmus
(*b*) Oxide : may be gaseous, solid or liquid Acidic and basic oxides	
6. Nitrogen	
Preparation (from air and from ammonium compound), properties Atmospheric nitrogen is mixed with heavier and inert gases.	
7. Study of Water .	
(*i*) Water as a solvent.	
(*a*) Solution, Separation of a solution into solute and solvent (by evaporatian, distillation, crystallisation etc.).	Simple examples of fractional distillation will be included

COURSE CONTENT	NOTES
Atmospheric gases dissolved in water, their biological significance	The emphasis is on the solubility of gases in water.
Solvents for fats, oils, paints and lacquers	No knowledge of the chemistry of the solutes or of the solvents is expected. The emphasis is on examples of solvents other than water.
(b) Saturated, unsaturated and supersaturated solutions	D—Preparation of a supersaturated solution of sodium thiosulphate at the room temperature
Concentration of solutions solubility, solubility curves	D—(i) Solubility at room temperature. (ii) Chart of apparatus for determination of solubility at temperatures higher and lower than room temperature
(c) Qualitative study of the effects of temperature and pressure on solubility of gases in liquids and of the effect of solutes on freezing and boiling points of solvents	
(d) Colloidal solution and true solution	Simple ideas of size of particles. Some everyday examples of colloid.
(e) Water of crystallisation (Efflorescence and deliquescence).	D—Estimation of Water of crystallisation (e g, of alum)
(f) Natural waters Purification of water	Mention to be made of hard and soft waters which will be studied later
(i) Action of water on oxides of non-metals and metals	
(ii) Water as compound	
(a) Action of metals on water	D—Action of sodium (evolved gas to be collected and burnt. Chart of action of steam on red-hot iron).
(b) Electrolysis of water Composition by volume	
(c) Composition of water by weight.	D—(i) Action of hydrogen on heated copper oxide (ii) Chart of Dumas's experiment.

COURSE CONTENT	NOTES
8 Hydrogen	
(a) Preparation (from dilute acids and from water) properties and uses	
(b) Reduction in terms of removal of oxygen or addition of hydrogen, oxidation in terms of the reverse processes	
(c) Nascent state (elementary idea only)	
9 (a) Atoms, Molecules, Elementary idea of atomic weight and molecular weight Symbols, formulae, valency (definition and examples)	
(b) Percentage composition	
(c) Calculation of empirical formulae of a compound from its composition by weight	
(d) Chemical equations Simple calculations involving weights of substances in chemical reactions	

PRACTICAL CHEMISTRY

1. Familiarity with Bunsen Burner
2. Manipulation of glass, Cutting, bending, blowing etc. Fitting up of a simple apparatus, e g, wash bottle
3. Laboratory technique (i) extraction, filtration, evaporation, crystallisation, sublimation (ii) Separation of ingredients of simple mixtures
4. Ditermination of the m p of ice and wax and b,p of water.
5. Study of the differences between mixture and compound of iron and sulphur.
6. Preparation and simple properties of oxygen and hydrogen.

রসায়ন প্রবেশ

প্রথম খণ্ড

প্রথম অধ্যায়

সূচনা

বিজ্ঞান পাঠ ও বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গী ঃ

বর্তমান যুগকে আমরা 'বিজ্ঞানের যুগ' বলিয়া থাকি। সুতরাং এই যুগকে বুঝিতে হইলে কিছু পরিমাণ বিজ্ঞানশিক্ষা প্রত্যেকেরই কর্তব্য। সেইজন্য সমস্ত সভ্য দেশেই বিদ্যালয়ের পাঠক্রমের মধ্যে বিজ্ঞান একটি বিশিষ্ট স্থান অধিকার করিয়া আছে।

কিন্তু কেবলমাত্র পাঠ্যপুস্তকের নীরস ঘটনাবলীর বিবরণেই যদি ছাত্রদের বিজ্ঞানচর্চা সীমাবদ্ধ থাকে, তাহা হইলে বিজ্ঞানশিক্ষার একটি মূল উদ্দেশ্য ব্যর্থ হইবে। সেই উদ্দেশ্য হইল বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গীর বিকাশ।

বৈজ্ঞানিক 'সত্যের সন্ধানী'। এই সত্যের সন্ধানে তাঁহাকে মনের সমস্ত সংস্কার বিসর্জন দিয়া খোলা মন লইয়া তথ্যের যাচাই করিতে হইবে। পর্যবেক্ষণ, পরীক্ষা ও যুক্তিসম্মত সিদ্ধান্তে উপনীত হইবার দক্ষতা—এই তিনটিই হইল বৈজ্ঞানিকের প্রধান হাতিয়ার।

পরীক্ষা ও নিরীক্ষা ছাড়া বৈজ্ঞানিক কিছুই স্বীকার করেন না। বৈজ্ঞানিকের এই দৃষ্টিভঙ্গী যদি তোমরা আয়ত্ত করিতে পার, তবে পরবর্তী জীবনে বিজ্ঞানচর্চার সুযোগ না পাইলেও এই শিক্ষা তোমাদের জীবনের দৃষ্টিভঙ্গীতে এক বিরাট পরিবর্তনের সূচনা করিবে। সত্যের প্রতি অবিচল নিষ্ঠা ও যে সমস্ত মহামানব সত্যের সাধনায় জীবন বিসর্জন দিয়াছেন তাঁহাদের প্রতি অকৃত্রিম শ্রদ্ধা এবং পারিপার্শ্বিক জীব ও জগৎ সম্বন্ধে সদাজাগ্রত কৌতূহল তোমাদের জীবনকে পূর্ণতর করিবে।

বিজ্ঞানের একটি শাখা—'রসায়ন' ঃ

আলোচনার সুবিধার্থ বিজ্ঞানকে নানা শাখায় ভাগ করা হইয়াছে, যথা—পদার্থবিদ্যা, ভূ-বিদ্যা, জ্যোতির্বিদ্যা, প্রাণিবিদ্যা, রসায়নবিদ্যা ইত্যাদি। বিজ্ঞানের যে শাখায় বিভিন্ন বস্তুর গঠন, তাহাদের গুণাগুণ ইত্যাদি আলোচিত হয় তাহাকে **রসায়ন বিজ্ঞান** বলে।

রসায়নের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস ঃ

অতি প্রাচীন কালেই পৃথিবীর নানা দেশে রসায়নচর্চার সূত্রপাত হইয়াছিল। মিশরে, মেসোপটেমিয়ায় ও সিন্ধুনদের উপত্যকায় মহেন্জো দারো ও হরাপ্পায় প্রাপ্ত ধাতুনির্মিত পাত্র ও অস্ত্রশস্ত্র হইতে জানা যায়, ঐ সকল দেশে খৃস্টজন্মের প্রায় 4,000 বৎসর পূর্বে তাম্র, রৌপ্য ও স্বর্ণের ব্যবহার ছিল ও উহাদের নিষ্কাশনপদ্ধতিও জানা ছিল। খৃঃ পূঃ 3,400 অব্দে মিশর দেশে কাচ-প্রস্তুত-পদ্ধতি প্রচলিত ছিল।

রসায়নচর্চার ইউরোপীয় ধারাটি মিশর দেশেই প্রথম জন্মলাভ করে বলিয়া অনুমিত হয়। খৃস্টীয় দ্বাদশ ও ত্রয়োদশ শতকে ইহা স্পেনের পথে ইউরোপে বিস্তার লাভ করে।

চীন দেশ ও ভারতেও প্রাচীনকালে রসায়নের বিশেষ চর্চা হইয়াছিল। খৃস্টজন্মের বহুশত বৎসর পূর্বে ভারতীয় দার্শনিক 'কণাদ' পদার্থের গঠন সম্বন্ধে তাঁহার পরমাণুবাদ প্রচার করিয়াছিলেন। পরবর্তীযুগের হিন্দু রাসায়নিকগণের মধ্যে নাগার্জুন, চরক, শুশ্রুত, চক্রপাণি, পতঞ্জলি, বাগভট্ট প্রভৃতির নাম বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

রসায়নের ইতিহাসে তিনটি বিভিন্ন স্তর লক্ষ্য করা যায়, যেমন—

১। প্রথম যুগের রসায়ন বা অ্যালকেমি (Alchemy) ঃ

ইহা যাদুবিদ্যা বা ডাকিনীবিদ্যার সমগোত্রীয় ছিল। অ্যালকেমিস্টদের লোকে ভীতির চক্ষে দেখিত এবং উহারা অতিপ্রাকৃত ক্ষমতার অধিকারী ছিল বলিয়া বিশ্বাস করিত। নিকৃষ্ট ধাতুকে সোনা করিবার পরশপাথরের বৃথা সন্ধানেই তাহারা জীবন অতিবাহিত করিত।

২। আয়াট্রো কেমিস্ট্রি (Iatro-Chemistry) ঃ

এই যুগের রাসায়নিকগণ ছিলেন চিকিৎসক। তাঁহারা গাছগাছড়া এবং নানাপ্রকার ধাতুজ দ্রব্যের রোগনিরাময় ক্ষমতা পরীক্ষা করিতেন, এবং চিকিৎসা ছাড়া রসায়নের অন্য কোনো উপযোগিতা তাহারা স্বীকার করিতেন না। প্যারাসেলসাস্‌কে (Paracelsus, 1493-1541) এই ধারার প্রবর্তক বলা হয়।

৩। রসায়ন-বিজ্ঞান ঃ

এইটিই হইল শেষ বা বর্তমান যুগ, যে যুগে বিশুদ্ধ বিজ্ঞান হিসাবেই রসায়নের চর্চা হয়। রবার্ট বয়েলকে (Robert Boyle, 1627-91) এই যুগের জনক বলা হয়। তিনিই প্রথম রসায়নকে দার্শনিকের অনুমান ও যাদুকরের মায়াজাল হইতে উদ্ধার করিয়া বিজ্ঞানের কঠিন ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত করেন। প্রথম হইতেই তিনি কোনো সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়ার জন্য পরীক্ষার উপর জোর দেন, এবং মৌলিক পদার্থের সংজ্ঞা নির্দেশ করেন।

অষ্টাদশ শতাব্দীতে বৈজ্ঞানিক শীলে (C. W. Scheele, 1742-86) ও প্রীস্টলী (Joseph Priestley, 1733-1804) বায়ুমধ্যে অক্সিজেন গ্যাসের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন এবং ক্যাভেণ্ডিস্ (Henry Cavendish, 1731-1810) হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করেন ও জলকে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ হিসাবে প্রতিপন্ন করেন। ইহার পর আসিলেন ফরাসী বৈজ্ঞানিক লাভোয়াসিয়ে (A. L. Lavoisier, 1743-94)। তিনিই প্রথম শীলে ও প্রীস্টলীর অক্সিজেন আবিষ্কারের প্রকৃত তাৎপর্য হৃদয়ঙ্গম করিলেন এবং অক্সিজেনকে মৌলিক পদার্থ হিসাবে প্রতিপন্ন করিলেন। পরে তিনি বায়ুতে নাইট্রোজেনের অস্তিত্বও প্রমাণ করিয়াছিলেন। ইতিপূর্বে রাসায়নিক ব্ল্যাক্ (Black) রসায়নের পরীক্ষায় তুলাদণ্ডের ব্যবহার প্রচলন করিয়াছিলেন। তাহার পদাঙ্ক অনুসরণ করিয়া লাভোয়াসিয়েও তাঁহার পরীক্ষায় তুলাদণ্ডের বিশেষ ব্যবহার করেন, এবং কোনোও বস্তুর দহন বা জারণের ফলে সেই বস্তুর যে অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক

সংযোগ হয় তাহা নিঃসংশয়ে প্রমাণ করেন। ইহার পূর্বে দহনের প্রকৃত কারণ কি তাহা জানা ছিল না।

উনবিংশ শতকের গোড়ার দিকের উল্লেখযোগ্য ঘটনা 1803 খৃস্টাব্দে জন্ ডালটন (John Dalton, 1766-1844) নামক জনৈক স্কুল-শিক্ষকের প্রচারিত পরমাণুবাদ। এই শতাব্দীতে বহু বিশিষ্ট বৈজ্ঞানিকের আবির্ভাব হয় এবং রসায়ন শাস্ত্রের অগ্রগতিও অব্যাহত থাকে। তাঁহাদের কয়েকজনের নাম ও প্রধান প্রধান আবিষ্কারগুলি নিম্নে দেওয়া হইল।

স্যার হাম্ফ্রি ডেভী (Sir Humphry Davy, 1778-1829) ঃ

তড়িদ্-বিশ্লেষ পদ্ধতি, ক্ষারধাতু (সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি) ও মৃৎক্ষার ধাতুর (ক্যাল্সিয়াম, বেরিয়াম ইত্যাদি) আবিষ্কার, ক্লোরিনের মৌলিকতা প্রতিপাদন, অগ্নিশিখা সম্পর্কিত গবেষণা ও খনিমধ্যে ব্যবহারোপযোগী নিরাপদ দীপের (Safety Lamp) আবিষ্কারের জন্য বিশেষ খ্যাতি লাভ করেন।

মাইকেল ফ্যারাডে (Michael Faraday, 1791-1867) ঃ

ডেভীর সহায়ক হিসাবে ফ্যারাডের বৈজ্ঞানিক জীবনের সূত্রপাত হয়। ক্লোরিন গ্যাসকে তরল করা, আলকাতরা হইতে বেন্জীন্ (Benzene) প্রস্তুত প্রভৃতি তাঁহার উল্লেখযোগ্য বৈজ্ঞানিক আবিষ্কার হইলেও তড়িদ্-বিশ্লেষের সূত্রগুলির আবিষ্কর্তা হিসাবেই তিনি রাসায়নিক জগতে অধিক সুপরিচিত।

জে. জে. বার্জেলীয়াস্ (J. J. Berzelius, 1779-1848) ঃ

অধুনা-ব্যবহৃত রাসায়নিক সংকেতের (Chemical Symbols) প্রবর্তক। সিলিকন্, টাইটেনিয়াম্, সেলিনিয়াম্ প্রভৃতি কতকগুলি মৌলিক পদার্থও তিনি আবিষ্কার করেন। সমসাময়িক রাসায়নিকগণের মধ্যে তাঁহার প্রভাব ছিল অপরিসীম।

ডি. আই. মেণ্ডেলীফ্ (D. I. Mendeleef, 1834-1907)

রসায়নের মৌলিক পদার্থগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করিয়া 'পর্যায় সারণী'র (Periodic Table) প্রবর্তন করেন।

শত শত বৈজ্ঞানিকের অধ্যবসায় ও নিষ্ঠার ফলে রসায়ন আজ বর্তমান যুগে আসিয়া পৌঁছিয়াছে। তাঁহাদের মধ্যে মাত্র কয়েকজন বিশিষ্ট বৈজ্ঞানিকের নাম উল্লেখ করা হইল। বৈজ্ঞানিক গবেষণার এই স্রোত আজিও রুদ্ধ হয় নাই; সহস্র ধারায় প্রবাহিত হইয়া ইহা মানবের অশেষ কল্যাণ সাধন করিতেছে ও বিশ্বপ্রকৃতির গোপন রহস্য উদ্‌ঘাটিত করিতেছে। এই বিরাট প্রচেষ্টার সম্পূর্ণ মূল্য নির্ধারণ এই ক্ষুদ্র পুস্তকের পৃষ্ঠায় সম্ভব নহে।

আধুনিক সভ্যতা ও রসায়ন: রসায়নচর্চার ফলে শুধু যে পারিপার্শ্বিক জগৎসম্বন্ধেই আমাদের ঔৎসুক্য পরিতৃপ্ত হয় তাহা নহে, ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইহার প্রয়োগের ফলে আমাদের জীবনযাত্রার মানও বহুগুণ বর্ধিত হইয়াছে। সাল্‌ফা-জাতীয় ঔষধ ও পেনিসিলিন্, ষ্ট্রেপ্‌টোমাইসিন্ প্রভৃতি ঔষধের আবিষ্কার চিকিৎসাজগতে এক বিরাট যুগান্তর আনিয়াছে। ক্লোরোফর্ম, ঈথার প্রভৃতি সম্মোহনকারী ঔষধ (anaesthetic) প্রয়োগের দ্বারা অনেক কঠিন অস্ত্রচিকিৎসা সম্ভবপর হইয়াছে। অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট, সুপার ফস্‌ফেট প্রভৃতি কৃত্রিম সার প্রয়োগের ফলে ফসলের উৎপাদন বহুগুণ বৃদ্ধি পাইয়াছে। ডি. ডি. টি., গ্যামেক্সিন্, বোর্দো মিক্‌স্‌চার প্রভৃতি কীটনাশক ঔষধ ফসলকে পোকামাকড়ের হাত হইতে রক্ষা করিতেছে। ইহা ছাড়া নানাপ্রকার কৃত্রিম রেশম, রবার, রঞ্জনদ্রব্য, প্লাস্‌টিক্, কৃত্রিম চর্ম, নানাপ্রকার ধাতু ও ধাতুসংকরের (alloy) ব্যবহার আজ আধুনিক সভ্যতার অপরিহার্য অঙ্গ। বহু বৈজ্ঞানিকের জীবনব্যাপী সাধনার ফলেই ইহা সম্ভব হইয়াছে।

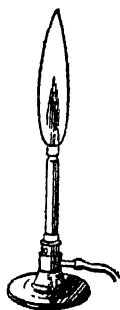
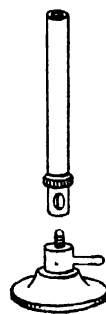
———

দ্বিতীয় অধ্যায়

রাসায়নিক পরীক্ষাগার

[শিক্ষক মহাশয় ছাত্রগণকে পরীক্ষাগারে লইয়া গিয়া বিভিন্ন রাসায়নিক যন্ত্রপাতি ইত্যাদির সহিত পরিচিত করাইবেন।]

পূর্বেই তোমাদের বলিয়াছি যে, রসায়ন শাস্ত্র মূলত পরীক্ষামূলক। যে স্থানে রসায়নবিদ্ তাঁহার নানাপ্রকার পরীক্ষা পরিচালনা করেন, সেই স্থানকে 'রাসায়নিক পরীক্ষাগার' (Laboratory) বলা হয়। পরীক্ষাগারে বিভিন্ন দ্রব্য উত্তপ্ত করিবার জন্য **বুন্‌সেন দীপ** (Bunsen burner) নামক একপ্রকার দীপ ব্যবহৃত হয়। এই দীপে কয়লা হইতে প্রাপ্ত 'কোল গ্যাস' (Coal gas) নামক একপ্রকার গ্যাস পোড়াইয়া শিখা প্রজ্বলিত করা হয়।

পরীক্ষা: একটি বুন্‌সেন দীপ লইয়া তাহার বিভিন্ন অংশ পরীক্ষা কর।

১নং চিত্র—বুন্‌সেন দীপ

২নং চিত্র—বুন্‌সেন দীপের বিভিন্ন অংশ

পরীক্ষা: পরীক্ষাগারের তাকে নানা প্রকার দ্রব্য সাজানো রহিয়াছে। তাহাদের প্রত্যেকের গায়ে একটি করিয়া 'লেবেল' বা পরিচয়-পত্র লাগানো আছে। ইহাদের মধ্যে কতকগুলি কঠিন ও কতকগুলি

তরল। কঠিন পদার্থগুলির মধ্যে দেখিবে কতকগুলি জলে দিলে গলিয়া যায়, আর কতকগুলি নীচে পড়িয়া থাকে। তরল পদার্থের মধ্যেও কতকগুলি জলের সহিত সম্পূর্ণভাবে মিশিয়া যায়, ও কতকগুলি সম্পূর্ণ পৃথক থাকে।

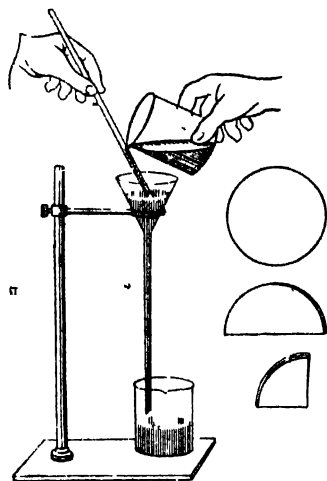
পরীক্ষা : কয়েকটি পরীক্ষা-নলে নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলি **স্বল্প** পরিমাণে লইয়া তাহাতে জল দিয়া ঝাঁকাইতে থাক এবং কি পরিবর্তন হয় লক্ষ্য কর। লবণ, চিনি, বালি, সোরা, চক্-খড়ির গুঁড়া, কোহল (alcohol), সরিষার তৈল ইত্যাদি লইয়া পরীক্ষা কর।

যে সকল দ্রব্য জলে গুলিয়া যায় তাহাদের চোখে দেখা না গেলেও তাহারা জলের মধ্যেই থাকে। জলে গুলিলে লবণ অদৃশ্য হইয়া যায়, কিন্তু জলের লবণাক্ত স্বাদ হইতে জলের মধ্যে লবণের অস্তিত্ব জানা যায়। এই লবণাক্ত জলকে ফুটাইলে জল বাষ্পে পরিণত হইয়া উড়িয়া যাইবে ও লবণ পড়িয়া থাকিবে। চিনি, লবণ প্রভৃতি জলে দ্রবণীয় ; আর বালু, খড়ি প্রভৃতি অদ্রবণীয়। এ স্থলে চিনি, লবণ প্রভৃতিকে **দ্রাব** (solute) এবং জলকে **দ্রাবক** (solvent) বলা হয়।

পরিস্রাবণ (Filtration) : বালু, খড়ির গুঁড়া প্রভৃতি অদ্রবণীয় বস্তুকে জলের ন্যায় তরল পদার্থ হইতে পৃথক করিতে হইলে, দুইয়ের মিশ্রণকে শোষক কাগজের (Blotting paper) ন্যায় সূক্ষ্ম-ছিদ্রযুক্ত একটি কাগজের মধ্য দিয়া ছাঁকিয়া লইতে হয়। এই প্রণালীকে পরিস্রাবণ বলে। ইহাতে তরল ও দ্রবণীয় পদার্থগুলি নীচে চলিয়া যায়, কিন্তু অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ কাগজের উপর থাকিয়া যায়।

পরীক্ষা : বালু ও লবণের মিশ্রণ পৃথকীকরণ

একটি বীকারে বালু ও লবণের মিশ্রণ লইয়া তাহাতে অল্প অল্প জল দিয়া নাড়িতে থাক, যতক্ষণ না সমস্ত লবণ জলে গুলিয়া যায়। তার-জালির উপর রাখিয়া বীকারটি বুন্সেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে আরও শীঘ্র গুলিয়া যাইবে। তারপর একটি ফিল্টার কাগজকে চার ভাঁজে

ভাঁজ করিয়া তিন ভাঁজ একদিকে ও এক ভাঁজ অন্য দিকে লইয়া চোঙার মত করিয়া একটি কাচের ফানেলের মধ্যে বসাও। ফানেলটি একটি ফিল্টার ষ্ট্যাণ্ডে বসাইয়া নীচে একটি পাত্র দাও। অতঃপর একটি কাচদণ্ডের সাহায্যে লবণ, জল ও বালুর মিশ্রণটি সাবধানে ফিল্টার কাগজের উপর ঢালিতে থাক। দেখিবে, পরিষ্কার লবণজল আস্তে আস্তে নীচের পাত্রে জমা হইতেছে এবং বালুকণাগুলি কাগজের উপর রহিয়া গিয়াছে।

৩নং চিত্র—পরিস্রাবণ

পরিস্রাবণ দ্বারা যে স্বচ্ছ তরল পদার্থ নীচে চলিয়া আসে তাহাকে **পরিস্রুৎ** (Filtrate), ও কাগজের উপর যাহা থাকিয়া যায় তাহাকে **অবশেষ** (Residue) বলে।

আস্রাবণ (Decantation)ঃ পরিস্রাবণ-কালে দেখা যায় যে বালু ও লবণজলের মিশ্রণটি কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে কঠিন বস্তুগুলি থিতাইয়া নীচে পড়িয়া যায়। তখন উপরের অপেক্ষাকৃত পরিষ্কার তরল অংশটুকু সাবধানে ঢালিয়া নীচের তলানি হইতে পৃথক করিয়া লওয়া যায়। কঠিন পদার্থ হইতে তরল পদার্থকে এইরূপে পৃথক করাকে আস্রাবণ (Decantation) বলে, এবং নীচের তলানিকে **গাদ** (Sediment) বলে।

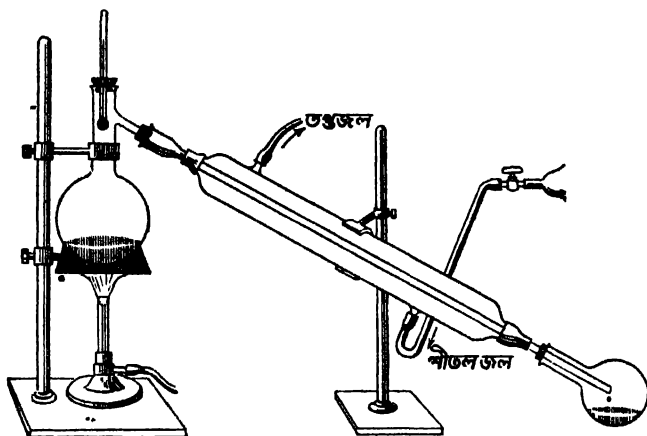
আমরা দেখিয়াছি যে, জলে সরিষার তৈল দিলে তাহা জলের সহিত মিশিয়া না গিয়া জলের উপরে ভাসিতে থাকে। জোরে নাড়িয়া দিলে তৈলের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকা সমস্ত জলের মধ্যে ছড়াইয়া পড়ে ও আপাত-দৃষ্টিতে মিশ্রণটি সমসত্ত্ব (Homogeneous) মনে হয়। কিন্তু অণুবীক্ষণ

যন্ত্রের সাহায্যে দেখিলে জলের মধ্যে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র তৈলবিন্দু ভাসমান দেখা যাইবে। সুতরাং ইহাকেও ঠিক দ্রবণ বলা যায় না। কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে জল ও তেল পুনরায় দুইটি স্তরে ভাগ হইয়া যাইবে। পরিস্রাবণ দ্বারা ইহাদের পরস্পর হইতে পৃথক করা যায় না। উপর হইতে সাবধানে ঢালিয়া লইয়া, অথবা পৃথকীকরণ ফানেলের (Separating Funnel) সাহায্যে ইহাদের পরস্পর হইতে পৃথক করিতে হয়।

৪নং চিত্র—পৃথকী-করণ ফানেল

পাতন (Distillation)ঃ লবণ প্রভৃতির ন্যায় দ্রবণীয় পদার্থকে পরিস্রাবণ দ্বারা জল হইতে পৃথক করা যায় না। কোনো দ্রবণীয় পদার্থকে তরল দ্রাবক হইতে পৃথক করিতে হইলে 'পাতন'-এর (distillation) সাহায্য লইতে হয়।

পরীক্ষাঃ পাতন কূপীটিতে (Distilling Flask) কিছু তুঁতে (Copper Sulphate)-গোলা জল লও। কূপীটি তেপায়া ষ্ট্যাণ্ডের তার-জালির উপর রাখিয়া একটি ক্ল্যাম্প (clamp) দ্বারা দৃঢ়বদ্ধ কর ও উপরের মুখ থার্মোমিটার সহ একটি ছিপি দ্বারা আঁটিয়া দাও। পার্শ্বস্থ নলটি একটি লিবিগ্‌ কন্‌ডেন্‌সারের (Liebig Condenser) সহিত সংযুক্ত করিয়া কন্‌ডেন্‌সারের নীচে একটি গ্রাহক-পাত্র রাখ। কন্‌ডেন্‌সারের নীচের নলটি রবার-নল দ্বারা জলকলের সহিত যুক্ত করিয়া দিয়া উপরের নলের সহিত সংযুক্ত রবার-নলটি নর্দমার পথে রাখিয়া দাও। এখন জলকল খুলিয়া দিলে কন্‌ডেন্‌সারের বাহিরের অংশে শীতল জল প্রবাহিত হইবে, এবং তাহাতে ভিতরের নল দিয়া প্রবাহিত জলীয় বাষ্প শীতল হইয়া ঘনীভূত হইবে। সমস্ত ব্যবস্থা সম্পূর্ণ হইলে পাতন কূপীটিকে বুন্‌সেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। কিছুক্ষণ পরে জল ফুটিয়া বাষ্প হইবে এবং কন্‌ডেন্‌সারের মধ্যে ঘনীভূত হইয়া উহা তরল অবস্থায় নিম্নে রক্ষিত গ্রাহকে জমা হইবে।

ইহাকে 'পাতন' (Distillation) বলা হয়, এবং এই পদ্ধতির সাহায্যে শোধিত তরল পদার্থকে 'পাতিত' বলা হয়।

৫নং চিত্র—পাতন

স্ফটিকীকরণ (Crystallisation)ঃ একটি বীকারে কিছু জল লইয়া তাহাতে অল্প অল্প করিয়া ফিটকিরি-চূর্ণ দিয়া একটি কাচদণ্ডের সাহায্যে ধীরে ধীরে নাড়িতে থাক, যতক্ষণ না অল্প ফিটকিরি-চূর্ণ নীচে পড়িয়া থাকে। এখন বীকারটি তারজালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করিতে থাক। দেখিবে ফিটকিরি-চূর্ণ প্রায় সম্পূর্ণভাবে জলে গুলিয়া গিয়াছে। এখন এই তপ্ত দ্রবণে আরও কিছু ফিটকিরি-চূর্ণ দিয়া ভালভাবে নাড়িয়া দাও; তারপর অদ্রবীভূত ফিটকিরি-চূর্ণগুলি গরম অবস্থায় পরিস্রুত করিয়া পরিস্রুৎটি ঠাণ্ডা হইতে দাও। ঠাণ্ডা হইলে দেখিবে, বীকারের তলদেশে সাদা সাদা স্বচ্ছ দানা জমা হইয়াছে। এই দানাগুলিকে স্ফটিক (Crystal) বলে এবং উপরিবর্ণিত যে পদ্ধতিতে স্ফটিকগুলি দ্রবণ হইতে পৃথক করা হয় তাহাকে স্ফটিকীকরণ বা 'কেলাসন' (Crystallisation) বলে। কঠিন পদার্থমাত্রই একটি নির্দিষ্ট স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়, এবং স্ফটিক মাত্রেরই একটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক রূপ থাকে,

যেমন—ফিটকিরি বা অ্যালামের স্ফটিক দুইটি যুক্ত পিরামিডের ন্যায় এবং সাধারণ লবণের স্ফটিক ঘনকাকৃতি হয়।

গলন ও গলনাঙ্ক (Melting and Melting point)ঃ কোনো কঠিন পদার্থকে উত্তপ্ত করিতে থাকিলে উহার উষ্ণতা ক্রমশ বৃদ্ধি পাইয়া শেষে গলিয়া তরল হইয়া যায়। পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে, প্রত্যেক বিশুদ্ধ পদার্থ একটি বিশেষ তাপমাত্রায় পৌছিলে উহা গলিতে আরম্ভ করে এবং যতক্ষণ গলিতে থাকে অর্থাৎ যতক্ষণ না সমস্ত কঠিন পদার্থটি সম্পূর্ণভাবে গলিযা যায়, ততক্ষণ এই উষ্ণতার কোনো পরিবর্তন হয় না; সম্পূর্ণ তরল হইয়া গেলে তখন আবার উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। এই বিশেষ উষ্ণতাকে ঐ পদার্থের 'গলনাঙ্ক' (melting point) বলে। আবার, কোনো তরল পদার্থকে ক্রমশ ঠাণ্ডা করিতে থাকিলে উহার উষ্ণতা ক্রমশ কমিতে থাকিবে এবং শেষে একটি বিশেষ উষ্ণতায় পৌছিলে উহা কঠিন হইতে আরম্ভ করিবে। যতক্ষণ না উহা সম্পূর্ণভাবে কঠিন হয়, ততক্ষণ উষ্ণতার কোনো পরিবর্তন হইবে না। এই বিশেষ উষ্ণতাকে ঐ পদার্থের 'হিমাঙ্ক' (Freezing point) বলে। একই পদার্থ লইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে উহার গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক এক। বিশুদ্ধ জলের হিমাঙ্ক 0° সেন্টিগ্রেড এবং বরফেব গলনাঙ্কও 0° সেন্টিগ্রেড।

স্ফুটন ও স্ফুটনাঙ্ক (Boiling and Boiling point)ঃ তরল পদার্থকে ক্রমশ উত্তপ্ত করিতে থাকিলে উহার উপরিভাগের কিয়দংশ বাষ্প হইয়া উড়িযা যায়, কিন্তু তাপ বেশী হইলে সমস্ত পদার্থটি টগ্‌বগ্‌ করিযা ফুটিতে থাকে। ইহাকে স্ফুটন বলা হয়। স্ফুটন আরম্ভ হইলে আর উষ্ণতার কোনো পরিবর্তন হয় না। যে বিশেষ উষ্ণতায় কোনো একটি পদার্থ ফুটিতে থাকে তাহাকে ঐ পদার্থের **স্ফুটনাঙ্ক** (boiling point) বলে। বিশুদ্ধ জলের স্ফুটনাঙ্ক 100° সেন্টিগ্রেড।

ঊর্ধ্বপাতন (Sublimation)ঃ অধিকাংশ কঠিন পদার্থকে তাপ দিলে গলিয়া যায় ও তরল পদার্থে পরিণত হয়, এবং তরল পদার্থকে উত্তপ্ত করিলে বাষ্পে পরিণত হয়। কিন্তু কতকগুলি কঠিন পদার্থ, যেমন—কাগজ কি কাঠ

—উত্তপ্ত করিলে বিযোজিত হইয়া যায়। আবার, কর্পূর, আয়োডিন, নিশাদল প্রভৃতি কয়েকটি পদার্থ উত্তপ্ত হইলে কঠিন অবস্থা হইতে একেবারে বাষ্পে পরিণত হয় ও শীতল হইলে পুনরায় কঠিন হয়। কোনো পদার্থের সরাসরি কঠিন হইতে গ্যাস ও গ্যাস হইতে পুনরায় কঠিন হওয়াকে **ঊর্ধ্বপাতন** (sublimation) বলে। এই প্রক্রিয়া দ্বারা অনেক সময় লবণ ও নিশাদলের মিশ্রণের ন্যায় মিশ্র পদার্থকে পরস্পর হইতে পৃথক করা সম্ভব হয়।

পরীক্ষা: নিশাদল ও লবণের মিশ্রণ পৃথকীকরণ

ঊর্ধ্বপাতন: একটি বেসিনে কিছু নিশাদল (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) ও লবণের মিশ্রণ লইয়া বেসিনের উপরিভাগ একটি উল্টানো কাচের ফানেল দ্বারা আবৃত কর। ফানেলের নলের প্রান্তভাগ শোষক-কাগজের টুকরা দ্বারা আংশিকভাবে বন্ধ করিয়া দাও, এবং বেসিনটি তারজালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করিতে থাক। বাষ্পীভূত নিশাদল ফানেলের ভিতরের দিকের দেয়ালে ঘনীভূত হইয়া কঠিন অবস্থায় জমা হইবে। পরে উহা ছুরি দিয়া চাঁছিয়া একটি পাত্রে জমা করিতে পার। বেসিনে শুধু লবণ পড়িয়া থাকিবে।

৬নং চিত্র—ঊর্ধ্বপাতন

Exercises

1. How will you separate the ingredients of gun-powder (nitre, sulphur and powdered charcoal) from one another?

[বারুদের উপাদানগুলি (সোরা, গন্ধক ও কাঠকয়লা-চূর্ণ) পরস্পর হইতে কিরূপে পৃথক করিবে ?]

2. Explain the following terms :—

Distillation, Sublimation, melting point, filtration ar crystallisation.

[নিম্নলিখিত শব্দগুলি ব্যাখ্যা কর :—

পাতন, ঊর্ধ্বপাতন, গলনাঙ্ক, পরিস্রাবণ, স্ফটিকীকরণ।]

3. How will you separate common salt, ammonium chloride and sand from a mixture of the three ?

[লবণ, নিশাদল ও বালুর মিশ্রণ হইতে কি ভাবে পরস্পরকে পৃথক করিবে ?]

4. Describe with diagram how pure water can be obtained from sea water.

[সমুদ্রের লবণাক্ত জল হইতে কিরূপে বিশুদ্ধ জল পাইবে, তাহার সচিত্র বর্ণনা দাও।]

তৃতীয় অধ্যায়

পদার্থ ও তাহার ধর্ম

পদার্থ ও তাহার পরিবর্তনই রসায়নের বিষয়বস্তু। সুতরাং দেখিতে হইবে পদার্থ বলিতে আমরা কি বুঝি। এই বৈচিত্র্যময় জগতের চতুর্দিকে নানা বস্তুর সমাবেশ; তাহাদের কেহ কঠিন, কেহ তরল, আবার কেহ বা গ্যাসীয়। কাহাকেও চোখে দেখা যায়, কাহাকেও বা স্পর্শ দ্বারা অনুভব করিতে হয়। ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য বস্তুর এই উপাদানকে **পদার্থ** বলা হয়।

পদার্থের প্রকার-ভেদঃ আমাদের চারিপাশে টেবিল, চেয়ার, বেঞ্চি প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকার বস্তু রহিয়াছে। কিন্তু আকৃতির বিভিন্নতা সত্ত্বেও তাহারা সকলেই একই **পদার্থ** হইতে প্রস্তুত। এই পদার্থটি হইতেছে কাঠ। পাথর হইতে ঘরবাড়ীও হয়, আবার সুন্দর সুন্দর মূর্তিও তৈরী হয়। কিন্তু চেয়ার-টেবিল, বাড়ীঘর বা মূর্তি রাসায়নিকের লক্ষ্য নহে, তাঁহার বিষয়বস্তু হইল উহাদের উপাদান **কাঠ** বা **পাথর**।

পদার্থের সংজ্ঞাঃ পদার্থ বিভিন্ন প্রকার হইলেও উহাদের সকলেরই নিম্নোক্ত গুণগুলি থাকে।

পদার্থমাত্রই ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য হইবে ও কিছু পরিমাণ স্থান অধিকার করিয়া থাকিবে। উহার ভার থাকিবে ও উহার মধ্যে গতিবেগ সঞ্চারিত করা যাইবে।

পদার্থের তিন অবস্থা: আমরা পূর্বে দেখিয়াছি জলকে উত্তপ্ত করিলে উহা বাষ্পে পরিণত হয়, এবং ঠাণ্ডা করিলে জমিয়া বরফ হইয়া যায়। প্রকৃতপক্ষে জল, বরফ ও জলীয় বাষ্প একই পদার্থ—জলের অবস্থা-ভেদ ব্যতীত আর কিছুই নহে। কারণ, জল হইতে যেমন বরফ হয়, তেমনি বরফ গলাইলে তাহা পুনরায় জলে পরিণত হয়। শুধু জল নহে, সমস্ত পদার্থকেই কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিন অবস্থায় পাওয়া সম্ভব। বায়ু সাধারণত গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে; তাহাকেও বিশেষ প্রক্রিয়ায় ঠাণ্ডা করিয়া তরল, এমন কি, কঠিন পদার্থেও পরিণত করা যায়।

$$\text{কঠিন} \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} \text{তরল} \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} \text{গ্যাস}$$

পদার্থ আবার দুই প্রকারের হইতে পারে। যে সমস্ত পদার্থের বিভিন্ন অংশের গঠন ও ধর্ম বিভিন্ন, তাহাদের **অসমসত্ত্ব** (Heterogeneous) পদার্থ এবং যাহাদের সমস্ত অংশের গঠন এক, তাহাদের **সমসত্ত্ব** (Homogeneous) পদার্থ বলে। অসমসত্ত্ব পদার্থ কতকগুলি সমসত্ত্ব পদার্থের সমবায়ে গঠিত। কাঠ কিংবা বারুদের গুঁড়া অসমসত্ত্ব। ইহাদের মধ্যে বিভিন্ন অংশের অস্তিত্ব খালি চোখেই দেখা যায়। বিশুদ্ধ দ্রব্যমাত্রই সমসত্ত্ব, যেমন জল বা লবণ।

পদার্থের ধর্ম: পদার্থের বিশেষ কতকগুলি গুণকে তাহার ধর্ম বলে। কোনো পদার্থকে অন্য কোনো পদার্থে রূপান্তরিত না করিয়া যে সমস্ত ধর্ম পর্যবেক্ষণ করা যায়, তাহাদিগকে **ভৌত ধর্ম** (physical properties) বলে। কিন্তু পদার্থের যে সমস্ত ধর্মের প্রকাশ হয় কোনো 'রাসায়নিক প্রক্রিয়ায়' তাহাদিগকে **রাসায়নিক ধর্ম** (chemical properties) বলে। যে প্রক্রিয়ার ফলে এক পদার্থ অন্য পদার্থে রূপান্তরিত হয়, তাহাই রাসায়নিক প্রক্রিয়া।

ভৌত ধর্ম: জল একটি পদার্থ। বিশুদ্ধ হইলে, যে স্থান হইতেই সংগৃহীত হউক, ইহা 100° সেন্টিগ্রেডে ফুটিবে, এবং 0° সেন্টিগ্রেডে জমিয়া বরফ হইবে। কোনো বিশেষ উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব সর্বদাই সমান থাকিবে। পদার্থের রং, দ্রাব্যতা, ঘনত্ব, স্ফুটনাঙ্ক, হিমাঙ্ক প্রভৃতি তাহার ভৌত ধর্ম।

রাসায়নিক ধর্ম: জলের মধ্যে এক টুকরা সোডিয়াম ধাতু ফেলিয়া দিলে ইহা হইতে হাইড্রোজেন নামে একপ্রকার গ্যাস বাহির হইবে এবং জলের মধ্যে বিদ্যুৎ চালনা করিলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যাইবে। এইগুলি জলের রাসায়নিক ধর্ম।

পদার্থের পরিচিতি: পদার্থসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্যের দ্বারা সহজেই তাহাদের চেনা যায়। গ্লিসারিন ও জল উভয়েই বর্ণহীন তরল পদার্থ। কিন্তু জল অপেক্ষা গ্লিসারিন অধিক সান্দ্র (viscous); হাত দিলে চটচট করে। জল স্বাদহীন, কিন্তু গ্লিসারিনের একটু মিষ্ট স্বাদ আছে।

ভৌত ধর্মের মধ্যে ভৌত অবস্থা, বর্ণ, গন্ধ, স্পর্শ দ্রাব্যতা, চুম্বক ধর্ম ঘনত্ব, স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক প্রভৃতি গুণ বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

ভৌত অবস্থা (Physical state): কতকগুলি পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন (যেমন লোহ, স্বর্ণ, সাল্‌ফার, আয়োডিন), কতকগুলি তরল (যেমন জল, কোহল, তৈল, ব্রোমিন ইত্যাদি), আবার কতকগুলি গ্যাসীয় (যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি)।

বর্ণ: কঠিন পদার্থের মধ্যে চক্‌খড়ি, লবণ, চিনি প্রভৃতি সাদা, আবার তুঁতের (কপার সাল্‌ফেট) রং নীল, হীরাকস (ফেরাস্ সাল্‌ফেট) সবুজ। তরল পদার্থের মধ্যে জল বর্ণহীন, কিন্তু ব্রোমিনের রং লাল। গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি বর্ণহীন, কিন্তু ক্লোরিন গ্যাস হরিতাভ পীত।

গন্ধ: অধিকাংশ কঠিন পদার্থেরই নিজস্ব কোনো গন্ধ নাই। কিন্তু তরল ও গ্যাসীয় পদার্থসমূহকে অনেক সময় তাহাদের গন্ধ দ্বারা চেনা যায়। যেমন—জলের কোনো গন্ধ নাই, কিন্তু কোহল, সরিষার তৈল প্রভৃতির নিজস্ব গন্ধ আছে। গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি গন্ধহীন,

কিন্তু অ্যামোনিয়া, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাসের নিজস্ব ঝাঁঝালো গন্ধ দ্বারা তাহাদের অস্তিত্বের পরিচয় পাওয়া যায়।

দ্রাব্যতা ঃ বালি ও চিনি উভয়েই কঠিন, কিন্তু জলে দিলেই উহাদের পার্থক্য ধরা পড়ে। চিনি জলে সম্পূর্ণ গুলিয়া যায়, কিন্তু বালি অদ্রাব্য থাকে।

চুম্বক-ধর্ম ঃ লোহা, নিকেল প্রভৃতি চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়। এক টুকরা লোহা ও এক টুকরা সীসার মধ্যে যেটি চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইবে, সেইটিই লোহা বুঝিতে হইবে।

অনেক সময় কেবলমাত্র ভৌত ধর্মের সাহায্যে পদার্থের স্বরূপ নির্ণয় করা সম্ভব হয় না। সেই সমস্ত ক্ষেত্রে পদার্থের রাসায়নিক ধর্মের অনুসন্ধান করিতে হয়। রাসায়নিক ধর্মের অনুসন্ধানের জন্য (১) তাপ-প্রয়োগ, (২) অ্যাসিডের ক্রিযা, (৩) ক্ষারেব ক্রিয়া ও (৪) অন্যান্য বিকাবকের ক্রিযা প্রভৃতি বিশেষভাবে লক্ষণীয।

তাপপ্রয়োগ ঃ উত্তাপ প্রয়োগে বিভিন্ন পদার্থে বিভিন্ন প্রকার পরিবর্তন দেখা যায়। লাল মাবকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা কালো হইযা যায় এবং পরীক্ষা-নলের গায়ে পারদ-বিন্দু সঞ্চিত হয়। নীল তুঁতে উত্তপ্ত করিলে সাদা হয়, লাল মারকিউরিক আয়োডাইড উত্তপ্ত করিলে হলুদবর্ণ হয়, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে ঊর্ধ্বপাতিত হয়। এই সমস্ত পরিবর্তন হইতে পদার্থের স্বরূপ জানা যায।

অ্যাসিডের ক্রিয়া ঃ ম্যাগ্‌নেসিয়াম, জিঙ্ক, লোহা প্রভৃতি ধাতু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইযা হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। তামার (কপার) সহিত নাইট্রিক অ্যাসিড উত্তপ্ত কবিলে গাঢ় বাদামী ধূম নির্গত হয় এবং সবুজ দ্রবণ অবশিষ্ট থাকে। ফেরাস্ সাল্‌ফাইডে লঘু হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড দিলে পচা ডিমের গন্ধযুক্ত একপ্রকার গ্যাস নির্গত হয়।

ক্ষারের ক্রিয়া ঃ অ্যালুমিনিয়াম, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতু ক্ষারে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু লোহা, ম্যাগ্‌নেসিয়াম প্রভৃতি ক্ষারে অদ্রাব্য।

অন্যান্য বিকারক ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সিল্‌ভার

নাইট্রেট দিলে ভারী সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়া দিলে প্রথমে একটি অধঃক্ষেপ আসে, পরে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ায় অধঃক্ষেপটি দ্রবীভূত হইয়া ঘোর নীল দ্রবণে পরিণত হয়।

এইরূপে বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাহায্যে পদার্থের স্বরূপ নির্ণয় করা সম্ভব।

পদার্থের শ্রেণীবিভাগ : পৃথিবীতে অসংখ্য পদার্থ আছে, কিন্তু বৈজ্ঞানিকগণ প্রমাণ করিয়াছেন যে পদার্থমাত্রই 100টি মূল পদার্থের দ্বারা গঠিত। এই সমস্ত মূল পদার্থকে 'মৌলিক পদার্থ' বা 'মৌল' (element) বলা হয়।

মৌলিক পদার্থ (Element) : যে সমস্ত পদার্থ হইতে সাধারণ কোনো রাসায়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা অন্য কোনো পদার্থ পাওয়া যায় না, তাহাদিগকে মৌলিক পদার্থ বলে। যেমন—অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, সালফার ইত্যাদি।

যৌগিক পদার্থ (Compound) : বিশ্লেষণের ফলে যে সমস্ত পদার্থ হইতে দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন হয়, তাহাদিগকে যৌগিক পদার্থ বলে।

জলের মধ্যে বিদ্যুৎ চালনা করিলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়, গলিত লবণে বিদ্যুৎ চালনার ফলে তাহা হইতে সোডিয়াম ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। সুতরাং লবণ ও জল যৌগিক পদার্থ। কিন্তু আজ পর্যন্ত কেহ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোডিয়াম বা ক্লোরিন বিযোজিত করিয়া উহাদের মধ্যে অন্য কোনো পদার্থের সন্ধান পান নাই। সেইজন্য হাইড্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ।

উপরের আলোচনা হইতে মনে হইতে পারে যে, যে সকল পদার্থ হইতে দুই বা ততোধিক পদার্থ পাওয়া যায় তাহারাই যৌগিক পদার্থ। কিন্তু অনেক সময় দুই বা ততোধিক পদার্থ একত্র মিশ্রিত থাকিয়াও কোনো যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে না। সুতরাং এই স্থলে যৌগিক পদার্থ ও সাধারণ মিশ্রণের প্রভেদ কি তাহা বুঝিতে হইবে।

যৌগিক পদার্থ ও সাধারণ মিশ্রণ

(Chemical compound and Mechanical mixture)

১। সাধারণ মিশ্রণের উপাদানগুলির মধ্যে তাহাদের ধর্ম বজায় থাকে, কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির নিজেদের বিশেষত্ব লুপ্ত হয় এবং নূতন ধর্মের আবির্ভাব হয়।

পরীক্ষা: একটি বেসিনে কিছু লোহ (7 গ্রাম্) এবং গন্ধক (4 গ্রাম্)-চূর্ণ একত্র মিশাইয়া লও। খুব ভালভাবে গুঁড়া করিলেও দেখিবে উহার মধ্যে লোহচূর্ণ এবং গন্ধকচূর্ণ পাশাপাশি অবস্থান করিতেছে। এখন একটি চুম্বক লইয়া মিশ্রণটি নাড়িতে থাক, দেখিবে লোহচূর্ণগুলি চুম্বকে আটকাইয়া গিয়াছে। মিশ্রণের কিছু অংশ একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহাতে একটু কার্বন ডাই-সাল্ফাইড দিলে দেখিবে গন্ধকচূর্ণ কার্বন ডাই-সাল্ফাইডে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু লোহচূর্ণের কোনো পরিবর্তন হয় না। ইহা হইতে বুঝা গেল যে, **মিশ্রণের মধ্যে লোহ ও গন্ধকচূর্ণ আপন আপন বৈশিষ্ট্য বজায় রাখিয়াছে।** এখন বেসিনটি একটি তারজালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত কর। ইহার ফলে লোহ ও গন্ধক রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া আয়রন্ সাল্ফাইড নামক এক নূতন পদার্থে পরিণত হইবে। এই আয়রন্ সাল্ফাইডের মধ্যে আর লোহচূর্ণ বা গন্ধকচূর্ণ দৃষ্টিগোচর হয় না, এবং ইহার মধ্যস্থ লোহ আর চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। গন্ধকও আর কার্বন ডাই-সাল্ফাইডে দ্রবীভূত হয় না। উত্তপ্ত করিবার পূর্বে গন্ধক ও লোহচূর্ণ-মিশ্রণের কিছু অংশ লইয়া তাহাতে একটু লঘু সাল্ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দিলে উহা হইতে একটি গ্যাস বাহির হইবে। এই গ্যাসের কোনো গন্ধ নাই, এবং পরীক্ষা-নলের মুখে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরিলে মৃদু বিস্ফোরণের সহিত গ্যাসটি জ্বলিয়া যাইবে। কিন্তু আয়রন্ সাল্ফাইডে লঘু সাল্ফিউরিক দিলে উহা হইতে পচা ডিমের গন্ধবিশিষ্ট অন্য এক প্রকার গ্যাস বাহির হইবে।

লোহ ও গন্ধকের মিশ্রণটি একটি সাধারণ মিশ্রণ, কিন্তু উত্তপ্ত

হওয়ার ফলে ইহারা আয়রন্ সাল্‌ফাইড নামক একটি যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে।

২। সাধারণ মিশ্রণের উপাদানগুলি সহজেই পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায়, কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদান রাসায়নিক প্রক্রিয়া ব্যতীত পরস্পর হইতে পৃথক করা যায় না।

গন্ধক ও লৌহচূর্ণের মিশ্রণ হইতে শুধু একটি চুম্বক দ্বারাই লৌহচূর্ণগুলি গন্ধক হইতে পৃথক করিয়া লওয়া যায়; কিন্তু আয়রন্-সাল্‌ফাইডের বেলা ইহা সম্ভব নহে।

৩। মিশ্রণের মধ্যে উপাদানগুলি যে-কোনো অনুপাতে থাকিতে পারে, কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি সর্বদাই একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে। যেমন—মিশ্রণের মধ্যে গন্ধক ও লৌহচূর্ণ যে-কোনো অনুপাতে থাকিতে পারে, কিন্তু আয়রন্-সাল্‌ফাইডে 7 : 4 এই অনুপাতে থাকিবে। প্রস্তুতকালে যদি ইহার কোনো একটির পরিমাণ এই অনুপাতের অধিক লওয়া হয়, তবে সেই পদার্থের অতিরিক্ত অংশ অবিকৃত অবস্থায় পড়িয়া থাকিবে।

৪। যৌগিক পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব, কিন্তু মিশ্রণ সাধারণত অসমসত্ত্ব হয়, যদিও কখনো কখনো ইহা সমসত্ত্বও হইয়া থাকে। লৌহ ও গন্ধকের মিশ্রণ আতস কাচ অথবা অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখিলে লৌহ ও গন্ধকের কণাগুলিকে পাশাপাশি অবস্থান করিতে দেখা যাইবে, কিন্তু আয়রন্-সাল্‌ফাইডের মধ্যে লৌহ বা গন্ধকের কোনোও পৃথক অস্তিত্ব দৃষ্টিগোচর হইবে না।

৫। যৌগিক পদার্থ প্রস্তুতকালে তাপবিনিময় হইয়া থাকে, কিন্তু মিশ্রণ প্রস্তুতকালে তাপবিনিময় হইতেও পারে, না হইতেও পারে।

৬। যৌগিক পদার্থের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক থাকে, কিন্তু মিশ্রণের বেলা উহা নির্দিষ্ট থাকে না।

পৃথিবীতে অদ্যাবধি 100টি মৌলিক পদার্থের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। উহাদের মধ্যে নিম্নলিখিত সাধারণ পদার্থগুলির সহিত তোমরা সকলেই অল্পবিস্তর পরিচিত।

অক্সিজেন (Oxygen)
হাইড্রোজেন (Hydrogen)
অ্যালুমিনিয়ম (Aluminium)
নাইট্রোজেন (Nitrogen)
কার্বন (Carbon)
মার্‌কারি বা পারদ (Mercury)
গোল্ড বা স্বর্ণ (Gold)
আয়রন্ বা লৌহ (Iron)
সিল্‌ভার বা রৌপ্য (Silver)
সাল্‌ফার বা গন্ধক (Sulphur)
ক্লোরিন (Chlorine)
টিন বা রাং (Tin)
কপার বা তাম্র (Copper)
জিঙ্ক বা দস্তা (Zinc)
আয়োডিন (Iodine)
লেড্ বা সীসা (Lead) ইত্যাদি।

ধাতু এবং অধাতু ঃ গুণানুসারে সমস্ত পদার্থকে ধাতু এবং অধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। এই উভয় শ্রেণীরই কতকগুলি শ্রেণীগত বৈশিষ্ট্য আছে। যেমন,—

ধাতু	অধাতু
১। পারদ ব্যতীত সমস্ত ধাতুই সাধারণ অবস্থায় কঠিন।	১। ইহারা কঠিন (যেমন, সাল্‌ফার, কার্বন ইত্যাদি), তরল (যেমন, ব্রোমিন), অথবা গ্যাসীয় (যেমন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি) হইতে পারে।
২। ধাতুমাত্রেরই একটা নিজস্ব দ্যুতি (lustre) আছে।	২। সাধারণত অধাতুর মধ্যে এই প্রকার দ্যুতি থাকে না, কিন্তু আয়োডিন অধাতু হইলেও তাহার ধাতব দ্যুতি আছে।
৩। ধাতু ঘাতসহ (malleable) ও নমনীয় (ductile)।	৩। অধাতু সাধারণত ভঙ্গুর (brittle) হয়। কিন্তু, অ্যান্টিমনি অধাতু হইয়াও ঘাতসহ।
৪। ইহারা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী (conductor)।	৪। সাধারণত অপরিবাহী (non-conductor)। কিন্তু গ্রাফাইট (Graphite) অধাতু হইলেও উত্তম পরিবাহী।

ধাতু	অধাতু
৫। পরাবিদ্যুতায়িত আয়নে পরিণত হয় (যেমন, Ca^{++}, Na^{+} ইত্যাদি)	৫। অপরাবিদ্যুতায়িত আয়নে পরিণত হয়। (যেমন, Cl^{-}, $S^{=}$ ইত্যাদি)।
৬। অক্সাইডগুলি ক্ষারকীয় (basic), যেমন, Na_2O, CaO ইত্যাদি।	৬। অক্সাইডগুলি আম্লিক acidic), যেমন, SO_2, P_2O_5 ইত্যাদি।

মৌলিক পদার্থসমূহকে ধাতু এবং অধাতু—এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করার পরেও দেখা যায় যে, আর্সেনিক (As), অ্যান্টিমনি (Sb) প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থ আছে, যাহাদের মধ্যে ধাতু ও অধাতু উভয়েরই কিছু কিছু গুণ বর্তমান। ইহাদিগকে **ধাতুকল্প পদার্থ** (metalloids) বলা হয়।

২৭-৩০ পৃষ্ঠায় সমস্ত মৌলিক পদার্থের একটি পূর্ণ তালিকা প্রদত্ত হইয়াছে। উহাদের মধ্যে কেহ বা সাধারণ অবস্থায় কঠিন, যেমন—আয়রন্, কিংবা আয়োডিন ; কেহ বা তরল, যেমন—মার্কারি, কিংবা ব্রোমিন ; আবার কেহ বা গ্যাসীয়, যেমন—অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি। এই 100টি মৌলিক পদার্থের সমবায়ে লক্ষ লক্ষ যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হইয়াছে। নিম্নে একটি তালিকায় কতকগুলি সাধারণ যৌগিক পদার্থের প্রচলিত নাম, রাসায়নিক নাম ও যে যে মৌলিক পদার্থ লইয়া উহারা গঠিত, তাহাদের নাম দেওয়া হইল।

প্রচলিত নাম	রাসায়নিক নাম	মৌলিক পদার্থ
কোহল	ইথিল অ্যালকোহল	কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন
চক খড়ি	ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেট	ক্যাল্‌সিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেন
লবণ (সাধারণ)	সোডিয়াম ক্লোরাইড	সোডিয়াম ও ক্লোরিন
সোরা বা নাইটার	পটাসিয়াম নাইট্রেট	পটাসিয়াম, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন
চিনি	সুক্রোজ	কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন
জল	হাইড্রোজেন অক্সাইড	হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন

দেখ, কোহল ও চিনি একই মৌলিক পদার্থের দ্বারা গঠিত হইলেও উহারা সম্পূর্ণ ভিন্ন পদার্থ। উহাদের মধ্যে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণও ভিন্ন। কোহলের সহিত আরও কিছু কার্বন ও হাইড্রোজেন মিশ্রিত করিলেই যে উহা চিনিতে পরিণত হইবে না, তাহা তোমরা সকলেই জান। কারণ, কোহল বা চিনি কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সাধারণ মিশ্রণ মাত্র নহে, এবং বিশেষ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্য ব্যতীত উহাদের প্রস্তুত করা সম্ভব নহে।

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা অনেক মিশ্র পদার্থের সহিত পরিচিত, যেমন—

বাতাস—নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্রণ।

পিতল—কপার (তামা) এবং জিঙ্ক-এর (দস্তা) মিশ্রণ।

দুধ —জল, স্নেহদ্রব্য, প্রোটিন প্রভৃতির মিশ্রণ।

দ্রবণ মাত্রেই সাধারণ মিশ্রণের পর্যায়ে পড়ে, যদিও অনেক দ্রবণের মধ্যে যৌগিক পদার্থের বহু লক্ষণ বিদ্যমান থাকে। যথা,—দ্রবণ মাত্রেই সমসত্ত্ব, এবং উহাদের প্রস্তুতকালে অনেক সময় তাপবিনিময় হইয়া থাকে। নিশাদল (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) জলে দিলে জল ঠাণ্ডা হয়, এবং সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড জলে দিলে জল গরম হয়। কিন্তু, যৌগিক পদার্থের যেটি সর্বপ্রধান গুণ—অর্থাৎ ইহার উপাদানগুলির মধ্যে সবদাই একটি নির্দিষ্ট হার বজায় থাকিবে—সেইটিই ইহাতে নাই। সুতরাং নিঃসংশয়ে দ্রবণকে মিশ্র পদার্থ বলা যাইতে পারে।

বাতাস মিশ্র পদার্থঃ_বাতাসও সমসত্ত্ব, কিন্তু ইহার মধ্যে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত সব সময় ঠিক থাকে না, এবং অক্সিজেন ও নাট্রোজেনের যা-কিছু নিজস্ব গুণ সবই ইহাতে বজায় থাকে। তা ছাড়া, বাতাস হইতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনকে অতি সহজেই পরস্পর হইতে পৃথক করা যায়। এই সকল কারণে বাতাস মিশ্র পদার্থ বলিয়া পরিগণিত হয়।

পদার্থের পরিবর্তন : আমরা প্রতিনিয়তই চতুর্দিকে পদার্থের নানা পরিবর্তন দেখিতে পাই। জল হইতে বাষ্প হয়, আবার জল জমিয়া বরফ হয়। লৌহে মরিচা পড়ে, কয়লা পুড়িয়া ছাই হয়, প্লাটিনাম-তার অগ্নিশিখায় ধরিলে উজ্জ্বল আলোক বিকীরণ করে। এই সকল পরিবর্তনের মধ্যে কতকগুলি বস্তুর মৌলিক রূপান্তর ঘটায়, আর কতকগুলি কেবল বাহ্যিক পরিবর্তন আনয়ন করে। জল যখন বরফ হয়, তখন ইহার যে পরিবর্তন হয় তাহা একান্তই বাহ্য। কারণ, ইহাতে জল জলই থাকে এবং এই পরিবর্তনের ফলে কোনো নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় না। রসায়নবিদ্-এর দৃষ্টিতে জল, জলীয় বাষ্প, বরফ একই পদার্থ—জলেরই অবস্থাবিশেষ ব্যতীত আর কিছুই নহে। সুতরাং জল হইতে বরফ হওয়ায় যে পরিবর্তন, তাহাকে **অবস্থাগত পরিবর্তন** (physical change) বলা যাইতে পারে। ইহা জলের রাসায়নিক প্রকৃতির কোনো স্থায়ী পরিবর্তন সূচনা করে না। বরফকে উত্তপ্ত করিলেই ইহা পুনরায় জলে পরিণত হইবে।

অবস্থাগত পরিবর্তনের অন্যান্য উদাহরণ :

(১) একটি পরীক্ষা-নলে টুকরা টুকরা মোমবাতি লইয়া পরীক্ষা-নলটি বুন্‌সেন দীপশিখায় উত্তপ্ত করিলে দেখিবে মোম গলিয়া তরল হইয়া যাইবে, আবার ঠাণ্ডা করিলে দেখিবে তরল মোম জমিয়া পূর্বের ন্যায় কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হইবে।

(২) অগ্নিশিখায় একটি প্লাটিনাম-তার ধরিলে দেখিবে তারটি ভাস্বর হইয়া উঠিয়াছে। ঠাণ্ডা করিলে তারটি আবার পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যাইবে।

(৩) বিজলী বাতির মধ্যে যে সরু তার থাকে তাহার মধ্যদিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে তারটি ভাস্বর হইয়া আলোক বিকীরণ করে। বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ করিলে উহা পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যায়।

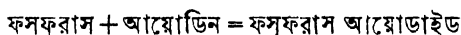
(৪) এক টুকরা ইস্পাতের উপর একটি শক্তিশালী চুম্বক বারংবার ঘষিলে ইস্পাতটি চুম্বকে পরিণত হয়। তখন উহা লৌহের টুকরা আকর্ষণ করে। উত্তপ্ত করিলে, বা হাতুড়ি দ্বারা জোরে আঘাত করিলে ইহার চৌম্বকত্ব নষ্ট হয়, এবং পূর্বের ন্যায় সাধারণ ইস্পাতে পরিণত হয়।

এই সকল ক্ষেত্রে পদার্থের কোনো স্থায়ী পরিবর্তন হয় না বলিয়া ইহাদিগকে **অবস্থাগত পরিবর্তন** বলা হয়।

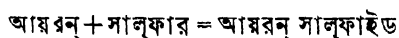
রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটনের বিবিধ পদ্ধতি ঃ

যে প্রক্রিয়ায় এক পদার্থ অন্য পদার্থে রূপান্তরিত হয় তাহাকে **রাসায়নিক ক্রিয়া** বলে। বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটনের জন্য বিশেষ উপায় অবলম্বন করিতে হয়। নিম্নে এইরূপ কয়েকটি পদ্ধতি সম্বন্ধে আলোচনা করা হইল।

(১) সংস্পর্শ (Contact) ঃ অনেক সময় দুই বা ততোধিক পদার্থকে সাধারণ উষ্ণতায় মিশ্রিত করিলেই তাহাদের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া হয়। আয়োডিনের একটি দানা এক টুকরা ফস্‌ফরাসের সংস্পর্শে আসিলেই উহা জ্বলিয়া উঠিয়া ফস্‌ফরাস আয়োডাইডে পরিণত হয়।

ফস্‌ফরাস + আয়োডিন = ফস্‌ফরাস আয়োডাইড

(২) দ্রবণ (Solution) ঃ অনেক পাদর্থ আছে শুষ্ক অবস্থায় পাশাপাশি থাকিলেও যাহাদের মধ্যে কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না। কিন্তু দ্রবণের মধ্যে সহজেই রাসায়নিক ক্রিয়া হয়। বেকিং পাউডারের মধ্যে টার্‌টারিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট শুষ্ক অবস্থায় মিশ্রিত থাকে বলিয়া তাহাদের মধ্যে কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না। কিন্তু জলে দ্রবীভূত করিলেই রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উঠিতে থাকে।

(৩) তাপ (Heat) ঃ আয়রন্‌ ও সাল্‌ফারের মিশ্রণে সাধারণ উষ্ণতায় কোনো ক্রিয়া হয় না, কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগ করিলে আয়রন্‌ ও সাল্‌ফার সংযুক্ত হইয়া আয়রন্‌ সাল্‌ফাইডে পরিণত হয়।

আয়রন্‌ + সাল্‌ফার = আয়রন্‌ সাল্‌ফাইড

(৪) আলোক (Light) ঃ আলোকের সাহায্যেও অনেক রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। আলোকের প্রভাবে সিল্‌ভার ব্রোমাইডের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া হয় বলিয়াই আলোকচিত্র-গ্রহণ সম্ভব হইয়াছে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের মিশ্রণ অন্ধকারে রাখিলে কোনো ক্রিয়া হয় না, কিন্তু

আলোকে আনিলেই প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন + ক্লোরিন = হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

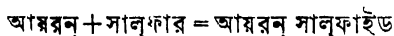
(৫) বিদ্যুৎ (Electricity) ঃ জলের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে জল হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। আবার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণের মধ্যে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করিলে উহারা সংযুক্ত হইয়া জলে পরিণত হয়।

(৬) চাপ (Pressure) ঃ সাল্‌ফারের সহিত পটাস্ ক্লোরেট্ মিশ্রিত করিলে কোনো বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু মিশ্রণটি কাগজে মুড়িয়া হাতুড়ি দ্বারা আঘাত করিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। 'আছাড পট্‌কা'র মধ্যে থাকে পটাস্ ক্লোরেট্, সাল্‌ফার এবং কিছু কাঁকড়। আছাড মারিলে যে চাপ পড়ে তাহার ফলে উহাতে বিস্ফোরণ হয়।

(৭) প্রভাবক (Catalyst) ঃ কতকগুলি পদার্থ আছে যাহারা নিজে অপরিবর্তিত থাকিয়াও অন্য বিক্রিয়কদের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার পথ সুগম করিয়া দেয়। উহাদিগকে **প্রভাবক** বলে। উদাহরণস্বরূপ, পটাস্ ক্লোরেট্ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতির কথা ধরা যাইতে পারে। শুধু পটাস্ ক্লোরেট্ লইলে এবং অনেকক্ষণ ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে, তবে অক্সিজেন পাওয়া যায়। কিন্তু পটাস্ ক্লোরেটের সহিত সামান্য ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া লইলে পটাস্ ক্লোরেট্ সহজেই বিযোজিত হয়। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজনের পথ সুগম করিয়া দেয়, কিন্তু নিজে অপরিবর্তিত থাকে। এ স্থলে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড প্রভাবকের কার্য করে।

রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical change) ঃ কয়লা পুড়িয়া যখন ছাই হইয়া যায়, অথবা লৌহে মরিচা ধরে, তখন যে পরিবর্তন হয় তাহা আরও সুদূরপ্রসারী। কয়লার ছাই অথবা লৌহের মরিচা—কয়লা বা লৌহ হইতে একেবারে ভিন্ন পদার্থ। ছাইকে কেবলমাত্র ঠাণ্ডা করিলেই আর কয়লায় পরিণত হইবে না। এইরূপ পরিবর্তনকে 'রাসায়নিক পরিবর্তন' বলা হয়। এই পরিবর্তনে এক বস্তু সম্পূর্ণ অন্য বস্তুতে রূপান্তরিত হয়। লৌহ

ও গন্ধকচূর্ণকে বেসিনে উত্তপ্ত করিলে যে পরিবর্তন হয় তাহা রাসায়নিক, কারণ ইহার ফলে এক নূতন বস্তু আয়রন্-সাল্‌ফাইড উৎপন্ন হয়। ইহার ধর্ম লৌহ বা গন্ধকের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন। ইহাতে কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড দিলে আর সাল্‌ফার দ্রবীভূত হয় না, অথবা চুম্বক ধরিলে লৌহ আকৃষ্ট হয় না, এবং লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দিলে পচা ডিমের গন্ধবিশিষ্ট এক গ্যাস নির্গত হয়। আয়রন্ এবং সাল্‌ফার তাহাদের পৃথক সত্ত্বা বিসর্জন দিয়া এক নূতন বস্তু আয়রন্ সাল্‌ফাইডে রূপান্তরিত হইয়াছে।

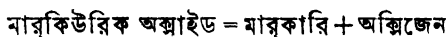
আয়রন্ + সাল্‌ফার = আয়রন্ সাল্‌ফাইড

রাসায়নিক পরিবর্তনের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত লক্ষণগুলি সাধারণত বর্তমান থাকে, যথা—

১। এক বা ততোধিক বস্তুর সম্পূর্ণ নূতন ধর্মবিশিষ্ট এক নূতন বস্তুতে রূপান্তর ঘটে।

২। পরিবর্তনকালে তাপবিনিময় হয়।

৩। পরিবর্তন কিছুটা স্থায়ী হয়, এবং রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে আপাতদৃষ্টিতে পদার্থের ওজনেরও তারতম্য ঘটে।

পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষা-নলে অল্প পরিমাণ মার্‌কিউরিক অক্সাইডের লাল গুঁড়া লইয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে, উহা হইতে একটি গ্যাস নির্গত হইতেছে। সেই গ্যাসের মধ্যে নিবন্তপ্রায় একটি পাঠকাঠি ধরিলে পাটকাঠিটি সতেজে পুনরায় জ্বলিতে থাকিবে। এই গ্যাসটি অক্সিজেন। পরীক্ষা-নলের ভিতরের অংশ পরীক্ষা করিলে তাহাতে একটি ধাতব পদার্থের আস্তরণ দেখা যাইবে। ধারালো ছুরি দিয়া চাঁছিয়া একটি কাগজের উপর ফেলিলে উহা রৌপ্যাকৃতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গোলকে পরিণত হইবে। ভাল করিয়া দেখিলে উহাদিগকে মার্‌কারি বা পারদের গুঁড়া বলিয়া চেনা কষ্টকর হইবে না। এখানে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে মার্‌কিউরিক অক্সাইড পদার্থটি ভাঙ্গিয়া বা বিযোজিত হইয়া মার্‌কারি ও অক্সিজেনে পরিণত হইয়াছে।

মার্‌কিউরিক অক্সাইড = মার্‌কারি + অক্সিজেন

চুনের (ক্যাল্‌সিয়াম অক্সাইড) উপর জল দিলে উহা উত্তপ্ত হইয়া নরম কাদার মত কলি-চুনে (ক্যাল্‌সিয়াম হাইড্রক্সাইড বা slaked lime) পরিণত হয়।

ক্যাল্‌সিয়াম অক্সাইড + জল = ক্যাল্ সয়াম হাইড্রক্সাইড

ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন। কারণ, কলিচুন চুন হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র পদার্থ।

মৌল-পঞ্জী

মৌল	চিহ্ন	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	পারমাণবিক-গুরুত্ব
অক্সিজেন	O	8	16·00
অস্‌মিয়াম	Os	76	190·2
আর্সেনিক	As	33	74·91
আর্‌গন	A	18	39·944
আর্‌বিয়াম	Er	68	167·2
আমেরিসিয়াম	Am	95	(241)
আয়রন্	Fe	26	55·85
আয়োডিন	I	53	126·91
অ্যালুমিনিয়াম	Al	13	26·97
অ্যান্টিমনি	Sb	51	121·76
অ্যাস্টাটাইন	At	85	(210)
ইউরেনিয়াম	U	92	238·07
ইউরোপিয়াম	Eu	63	152·0
ইণ্ডিয়াম	In	49	114·76
ইটারবিয়াম	Yb	70	173·04

মৌল	চিহ্ন	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	পারমাণবিক-গুরুত্ব
ইট্রিয়াম	Y	39	88 92
ইরিডিয়াম	Ir	77	193·1
ক্রুপ্টন	Kr	36	83·7
কপার	Cu	29	63·54
কার্বন	C	6	12·01
কোবাল্ট	Co	27	58·94
কুরিয়াম	Cm	96	(243)
ক্লোরিন	Cl	17	35·457
ক্রোমিয়াম	Cr	24	52·01
ক্যাড্মিয়াম	Ca	48	112·41
ক্যালিফর্নিয়াম	Cf	98	(246)
ক্যাল্সিয়াম	Ca	20	40 08
গোল্ড	Au	79	197·2
গ্যাডোলিনিয়াম	Gd	64	157·3
গ্যালিয়াম	Ga	31	69·72
জার্মেনিয়াম	Ge	32	72·3
জিঙ্ক	Zn	30	65·38
জীনন	Xe	54	131·3
জার্কোনিয়াম	Zr	40	91·22
টাংস্টেন	W	74	183·92
টার্বিয়াম	Tb	65	159 2
টাইটেনিয়াম	Ti	22	47·90
টিন	Sn	50	118·7
টেলুরিয়াম	Te	52	127·61
ট্যান্টালাম	Ta	73	180·88
টেক্নিসিয়াম	Tc	43	(99)

মৌল	চিহ্ন	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	পারমাণবিক-গুরুত্ব
ডিস্প্রোসিয়াম	Dy	66	162·46
থুলিয়াম	Tm	69	169·4
থোরিয়াম	Th	90	232·12
থ্যালিয়াম	Tl	81	204·39
নাইওবিয়াম	Nb	41	92·91
নাইট্রোজেন	N	7	14·008
নিকেল	Ni	28	58·69
নিয়ন্	Ne	10	20·183
নিয়োডিমিয়াম	Nd	60	144·27
নেপ্চুনিয়াম	Np	93	(237)
পটাসিয়াম	K	19	39·100
প্লাটিনাম	Pt	78	195·23
প্রেসিওডিমিয়াম	Pr	59	140·92
প্রোটো অ্যাক্টিনিয়াম	Pa	91	231·0
প্যালেডিয়াম	Pd	46	106·7
ফস্ফরাস	P	15	30·98
ফ্লুওরিন	F	9	19·000
বিস্মাথ	Bi	83	209·000
বেরিলিয়াম	Be	4	9·02
বেরিয়াম	Ba	56	137·36
বোরন	B	5	10·82
ব্রোমিন	Br	35	79·916
ভ্যানাডিয়াম	V	23	50·95
মলিব্ডেনাম	Mo	42	96·0
মার্কারি	Hg	80	200·6
ম্যাঙ্গানীজ	Mn	25	54·93

মৌল	চিহ্ন	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	পারমাণবিক-গুরুত্ব
ম্যাগ্‌নেসিয়াম	Mg	12	24·32
রুদেনিয়াম	Ru	44	101·7
রুবিডিয়াম	Rb	37	85·48
রেডিয়াম	Ra	88	226·05
রেনিয়াম	Re	75	186·31
রোডিয়াম	Rh	45	102·92
র‍্যাডন	Rn	86	222·0
লিথিয়াম	Li	3	6·94
লুটেসিয়াম	Lu	71	175·0
লেড্‌	Pb	82	207·21
ল্যান্থানাম	La	57	138·92
সামারিয়াম	Sm	62	150·43
সাল্‌ফার	S	16	32·066
সিজিয়াম	Cs	55	132·91
সিলিকন	Si	14	28·06
সিল্‌ভার	Ag	47	107·88
সিরিয়াম	Ce	58	140·13
সেলিনিয়াম	Se	34	78·96
সোডিয়াম	Na	11	22·997
স্ক্যাণ্ডিয়াম	Sc	21	45 10
স্ট্রন্‌সিয়াম	Sr	38	87·63
হামিয়াম	Ho	67	163·5
হাইড্রোজেন	H	1	1·008
হিলিয়াম	He	2	4·003
হাফ্‌নিয়াম	Hf	72	178·6

Exercises

1. Explain the difference between physical and chemical changes. [রাসায়নিক ও ভৌত পরিবর্তনের প্রভেদ কি বুঝাইয়া দাও।]

2. To what class the following changes belong—physical or chemical? Give reasons. [নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি ভৌত অথবা রাসায়নিক—কোন্ শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত করা উচিত? যুক্তি সহ বল।]

(a) Ram has broken a glass. [রাম একটি গ্লাস ভাঙ্গিয়াছে।]

(b) Ram has burnt a magnesium wire. [রাম একটি ম্যাগ-নেসিয়াম তার পোড়াইয়াছে।]

(c) Ram has heated some iodine. [রাম কিছু আয়োডিন উত্তপ্ত করিয়াছে।]

(d) Ram has dissolved some sugar in water. [রাম জলে কিছু চিনি গুলিয়াছে।]

(e) Ram has heated some mercuric oxide. [রাম কিছু মার্কিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়াছে।]

(f) Ram has heated a mixture of sulphur and iron powder. [রাম সাল্ফার ও লৌহচূর্ণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়াছে।]

(g) Ram has melted some ice. [রাম কিছু বরফ গলাইয়াছে।]

3. What is the difference between a mechanical mixture and a chemical compound? Explain with illustrations. [সাধারণ মিশ্রণ ও যৌগিক পদার্থের প্রভেদ কি? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।]

4. Why is air called a mechanical mixture? [বাতাসকে সাধারণ মিশ্রণ বলা হয় কেন?]

5. Describe two methods for the separation of iron and sulphur from a mixture of the two. [লৌহচূর্ণ ও গন্ধকের মিশ্রণ হইতে তাহাদের পৃথক করার দুইটি উপায় বর্ণনা কর।]

চতুর্থ অধ্যায়

রাসায়নিক সংযোগের দুইটি নিয়ম

(Law of Conservation of Matter)

পদার্থের অবিনাশিতা ঃ পূর্বে বলা হইয়াছে যে, রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ঐ ক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বস্তুসমূহের ওজনের তারতম্য ঘটে (২৬ পৃষ্ঠা)। যেমন, একটি ম্যাগ্‌নেসিয়াম-তার বায়ুতে দগ্ধ করিলে যে সাদা ছাই পড়িয়া থাকে, তাহার ওজন ম্যাগ্‌নেসিয়াম-তার অপেক্ষা বেশী। আবার, একটি মোমবাতি যখন জ্বলিয়া যায় তখন উহার ওজন ক্রমশই কমিতে থাকে। উপরোক্ত পরীক্ষাসমূহ হইতে আপাতদৃষ্টিতে মনে হইতে পারে যে, রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে বস্তুর বিনাশ হইতেছে, অথবা নূতন বস্তুর সৃষ্টি হইতেছে। কিন্তু বৈজ্ঞানিক **লাভোয়াসিয়ে** বহু পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করিয়াছিলেন যে এরূপ ধারণা সম্পূর্ণ ভ্রান্ত। "পদার্থের বিনাশ নাই। রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে এক পদার্থ অন্য পদার্থে রূপান্তরিত হয়, কিন্তু মোট পরিমাণের কোনো পরিবর্তন হয় না।"—ইহাই লাভোয়াসিয়ের বিখ্যাত **বস্তুর অবিনাশিতাবাদ**।

ম্যাগ্‌নেসিয়াম-তার পোড়াইলে যে তাহার ভার বৃদ্ধি পায় তাহার কারণ, উহা বায়ুমধ্যস্থ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়।

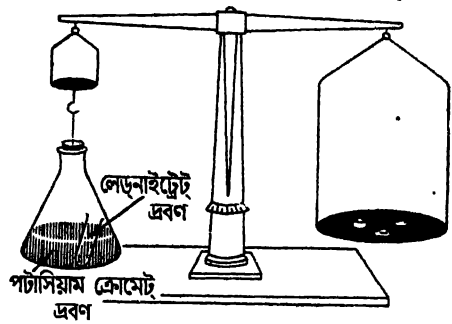
ম্যাগ্‌নেসিয়াম + অক্সিজেন = ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড

ম্যাগ্‌নেসিয়াম-তারটির ওজনের সহিত যদি সংযুক্ত অক্সিজেনেরও ওজন লওয়া হয় তবে দেখা যাইবে যে, ম্যাগ্‌নেসিয়াম-তারের অক্সাইডে রূপান্তরের ফলে মোট ওজনের কোনো তারতম্য ঘটে নাই। সেইরূপ, মোমবাতি যখন পোড়ে তখন উহা বায়ুমধ্যস্থ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রভৃতিতে রূপান্তরিত

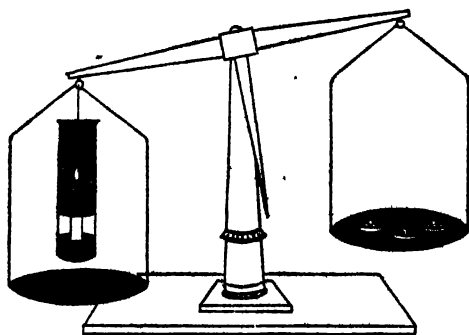
হয়। এই সমস্ত পদার্থ গ্যাসীয় বলিয়া আমরা ইহাদের দেখিতে পাই না। কিন্তু যদি পরীক্ষাটি এমনভাবে করা হয় যাহাতে জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি যে সমস্ত বস্তুর সৃষ্টি হয় তাহাদেরও ওজন লওয়া যায়, তবে দেখা যাইবে যে মোট ওজন কমে নাই বরং বাড়িয়াছে। ওজন বৃদ্ধির কারণ অবশ্য বায়ুমধ্যস্থ যে অক্সিজেন মোমবাতির সহিত সংযুক্ত হইয়াছে তাহার ওজন হিসাবের মধ্যে না ধরা। ঐ অক্সিজেনের ওজন ধরিলে দেখা যাইত যে,—

মোমবাতির দগ্ধ অংশের ওজন + অক্সিজেনের ওজন =
কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ওজন + জলীয় বাষ্পের ওজন।

৭নং চিত্র—বস্তুর অবিনাশিতাবাদ পরীক্ষা

অর্থাৎ, রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে বিক্রিয়কদের মোট ওজন রাসায়নিক ক্রিয়াব পর উৎপন্ন দ্রব্যসমূহের ওজনের সহিত সমান হইবে। রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কোনো পদার্থের সৃষ্টি হয় না, বিনাশও হয় না, শুধু রূপান্তর ঘটে। বহু পরীক্ষা দ্বারা এই নিয়মের সত্যতা নিঃসংশয়ে প্রমাণিত হইয়াছে। কয়েকটি সহজ পরীক্ষার সাহায্যে তোমরাও ইহার সত্যতা প্রতিপাদন করিতে পার।

পরীক্ষাঃ একটি শঙ্কুকূপীতে (Conical flask) কিছু পটাসিয়াম ক্রোমেট দ্রবণ লও, এবং একটি পরীক্ষা-নলের অর্ধেক লেড্‌নাইট্রেট দ্রবণে পূর্ণ করিয়া শঙ্কুকূপীর মধ্যে রাখিয়া কূপীর মুখটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। কূপীটি একটি তুলাদণ্ডে ওজন কর। অতঃপর পরীক্ষা-নলের সহিত সংযুক্ত সূতাটি বাহির হইতে টানিয়া নলটি উল্টাইয়া দাও, যাহাতে দুইটি দ্রবণ মিশিয়া যায়। দ্রবণের মধ্যে রং ইত্যাদির পরিবর্তন হইতে বুঝা যায় যে, উহার মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত

হইয়াছে। এখন কুপীটি পুনরায় তৌল করিলে দেখা যাইবে যে উহার ওজনের কোনো তারতম্য ঘটে নাই।

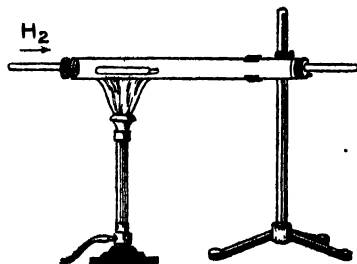
মোমবাতি পরীক্ষা: মোমবাতির দহনের ফলে যে প্রকৃতপক্ষে কোনো বস্তুর বিনাশ ঘটে না, নিম্নবর্ণিত পরীক্ষার সাহায্যে তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়। একটি কাচের চিমনীর নীচের মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া তাহার উপর একটি ছোট মোমবাতি বসাইয়া দাও। চিমনীর ভিতর বায়ু-প্রবেশের

৮নং চিত্র—মোমবাতির দহন

সুবিধার জন্য ছিপিটিতে কয়েকটি ছিদ্র করা থাকে। চিমনীর উপর হইতে ঝোলানো তারজালির মধ্যে কিছু শুষ্ক চুন ও কয়েক টুকরা কস্টিক সোডা রাখিয়া সমগ্র যন্ত্রটি তুলাদণ্ডের একটি বাহুর সহিত সংযুক্ত কর, এবং তুলাদণ্ডের অপর পাল্লাতে উপযুক্ত ওজন দিয়া উভয় পার্শ্বের সাম্যবিধান কর। এখন, মোমবাতিটি জ্বালাইয়া দিলে উহা পুড়িতে থাকিবে, এবং কয়েক মিনিটের মধ্যেই দেখিবে যে তুলাদণ্ডের যন্ত্রের দিক অপর দিক হইতে ভারী হইয়া ঝুলিয়া গিয়াছে। সুতরাং মোমবাতির দহনকালে উৎপন্ন পদার্থগুলি যদি বাতাসে ছাড়িয়া না দিয়া কস্টিক সোডা ও চুন দ্বারা শোষণ করা হয়, তাহা হইলে মোট ওজন তো কমেই না বরং বাড়িয়া যায়। মোমবাতির দহনকালে যে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়, তাহা পরীক্ষার দ্বারা সহজেই দেখানো যায়।

(১) জ্বলন্ত মোমবাতির শিখার উপর একটি শুষ্ক কাচপাত্র উপুড় করিয়া ধরিলে দেখিবে যে, পাত্রের গায়ে বিন্দু বিন্দু জল সঞ্চিত হইয়াছে। ইহাতে বুঝা যায় যে, মোমবাতির দহনকালে জলীয় বাষ্পের সৃষ্টি হয়।

(২) পাত্রটির মধ্যে কিছু চুনের জল ঢালিয়া নাড়িয়া দিলে চুনের জল ঘোলা হইয়া যাইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চুন-জল ঘোলা করে। সুতরাং এই পরীক্ষা দ্বারা উক্ত গ্যাসের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইল।

স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant Proportions): যৌগিক পদার্থের একটি বিশেষ গুণের কথা পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে। এই গুণটি হইল, কোনো যৌগিক পদার্থে সংগঠনকারী মৌলিক উপাদানগুলির অনুপাতের হার সবসময় একই থাকে। যে কোনো যৌগিক পদার্থ লইয়া পরীক্ষা কবিলেই এই নিয়মের সত্যতা প্রমাণিত হইবে। সাধারণ লবণকে বিশুদ্ধ অবস্থায় বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতি 100 ভাগ লবণে 39·3 ভাগ সোডিয়াম ও 60·7 ভাগ ক্লোরিন আছে। এই লবণ যে-স্থল হইতে যে-ভাবেই সংগৃহীত হউক না কেন, ইহা বিশুদ্ধ হইলে এই নিয়মেব কোনো ব্যতিক্রম দেখা যাইবে না। ইহাই প্রুস্তের (Proust) **স্থিরানুপাত সূত্র** নামে পরিচিত।

৯নং চিত্র—স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষা: কপার-নাইট্রেট, কপার-কার্বনেট ও কপাব-হাইড্রক্সাইড—এই তিনটি যৌগিক পদার্থ উত্তপ্ত করিয়া কালো কপার-অক্সাইডের তিনটি বিভিন্ন নমুনা প্রস্তুত কর। এই নমুনা তিনটির প্রত্যেকটি লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষা কব। একটি ক্ষুদ্র পর্সেলীন নৌকা বারংবার উত্তপ্ত ও শীতল করিয়া তাহার ওজন লইতে থাক যতক্ষণ না নৌকাটির ওজন স্থির হয়। অতঃপর, এক নম্বর নমুনা হইতে কিছুটা কপার-অক্সাইড দিয়া পুনরায় নৌকাটির ওজন লও এবং কপার-অক্সাইড সহ নৌকাটি একটি শক্ত কাচনলের মধ্যে রাখ। এখন নলটির মধ্য দিয়া বিশুদ্ধ, শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত কর ও সঙ্গে সঙ্গে নলটি উত্তপ্ত করিতে থাক। ইহার ফলে কপার-অক্সাইড ধাতব কপারে পরিণত হইবে।

সমস্ত কপার অক্সাইড এইভাবে কপারে রূপান্তরিত হইলে, হাইড্রোজেন গ্যাস বন্ধ করিয়া যন্ত্রটি ঠাণ্ডা হইতে দাও। অতঃপর নৌকাটি পুনরায় ওজন কর।

গণনা : পর্সেলীন নৌকার ওজন = a গ্রাম্

পর্সেলীন নৌকা + কপার-অক্সাইডের ওজন = b গ্রাম্

পর্সেলীন নৌকা + কপারের ওজন = c গ্রাম্

সুতরাং, কপার-অক্সাইডের ওজন = (b − a) গ্রাম্

কপারের ওজন = (c − a) গ্রাম্

এবং অক্সিজেনের ওজন = (b − c) গ্রাম্

সুতরাং, কপার-অক্সাইডে কপারের শতকরা হার $= \dfrac{100 \times (c - a)}{(b - a)}$

এবং অক্সিজেনের শতকরা হার $= \dfrac{100 \times (b - c)}{(b - a)}$

২ এবং ৩ নম্বর নমুনা লইয়া অনুরূপ পরীক্ষা করিলেও দেখা যাইবে যে, কপার-অক্সাইডের সমস্ত নমুনাতেই কপার এবং অক্সিজেনের শতকরা হার একই থাকে।

রাসায়নিক ক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ : রাসায়নিক ক্রিয়া নানা ধরনের হইতে পারে। রাসায়নিক পরিবর্তনের প্রকৃতি অনুসারে নিম্নলিখিত কয়েক শ্রেণীর রাসায়নিক ক্রিয়া দেখা যায়।

(১) সংযোজন (Synthesis) : কোনো পদার্থের উপাদানগুলির প্রত্যক্ষ সংযোগের ফলে সেই পদার্থটি উৎপন্ন হইলে তাহাকে সংযোজন বলে। যেমন,

হাইড্রোজেন + অক্সিজেন = জল

ম্যাগ্‌নেসিয়াম + অক্সিজেন = ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড

সোডিয়াম + ক্লোরিন = সোডিয়াম ক্লোরাইড

(২) বিযোজন (Decomposition) : ইহার ফলে একটি পদার্থ

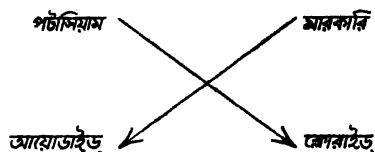
ভাঙিয়া তাহা হইতে দুই বা ততোধিক নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয়। যেমন,

মার্কিউরিক অক্সাইড = মার্কারি + অক্সিজেন

ক্যাল্সিয়াম কার্বনেট (চুনাপাথর) = ক্যাল্সিয়াম অক্সাইড (চুন) + কার্বন ডাই-অক্সাইড

(৩) **প্রতিস্থাপন (Replacement)**: একটি পদার্থ কোনো যৌগিক পদার্থভুক্ত অপর একটি পদার্থের স্থান অধিকার করিলে তাহাকে প্রতিস্থাপন ক্রিয়া বলা হয়। যেমন,

আয়রন্ + কপার সাল্‌ফেট্ = কপার + আয়রন্ সাল্‌ফেট্

একটি পরিষ্কার লোহার তার কপার সালফেট্ দ্রবণে (তুঁতে-গোলা জল) ডুবাইলে দেখা যাইবে লোহার উপর ধাতব কপারের লাল আস্তরণ পড়িয়াছে, এবং তারটির কিয়দংশ গলিয়া আয়রন্ সাল্‌ফেটে পরিণত হইয়াছে।

১০নং চিত্র

(৪) **বিপরিবর্ত ক্রিয়া (Double decomposition)**: দুইটি যৌগিক পদার্থের পারস্পরিক ক্রিয়ার ফলে তাহাদের দুইটি অংশের বিনিময় দ্বারা নূতন দুইটি যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হইলে তাহাকে বিপরিবর্ত ক্রিয়া বলে। যেমন,

পটাসিয়াম আয়োডাইড + মার্কিউরিক ক্লোরাইড
= পটাসিয়াম ক্লোরাইড + মার্কিউরিক আয়োডাইড

উক্ত লবণ দুইটির বর্ণহীন স্বচ্ছ দ্রবণ মিশ্রিত করিলে অদ্রবণীয় মার্কারি আয়োডাইড তৎক্ষণাৎ অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

(৫) **পুনর্বিন্যাস ক্রিয়া** **(Rearrangement or Isomerism)**: লাল মার্কারি অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে ইহা হলুদবর্ণ হয়, এবং ঠাণ্ডা করিলেও হলুদবর্ণই থাকে। হলুদবর্ণ মার্কারি আয়োডাইডকে কাচদণ্ড দ্বারা ঘষিলে ইহা পুনরায় লাল হইয়া যায়। কোনো পদার্থের এইপ্রকার রূপ-পরিবর্তনকে পুনর্বিন্যাস ক্রিয়া বলা হয়। ইহার ফলে যৌগিক পদার্থের সংগঠক মৌলগুলির অনুপাতের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

মার্কারি আয়োডাইড → মার্কারি আয়োডাইড
(হলুদ) (লাল)

Exercises

1. State the law of Conservation of matter and describe a suitable experiment to illustrate the truth of the above law. ['বস্তুর অবিনাশিতাবাদ'-এর সূত্রটি বিবৃত কর। উক্ত সূত্রের সত্যতা প্রতিপাদনের জন্য একটি উপযুক্ত পরীক্ষার বর্ণনা দাও।]

2. Describe an experiment to show that the total weight of a candle increases due to burning. How can you reconcile this experiment with the law of Conservation of matter? [দহনের ফলে যে মোমবাতির ওজন বৃদ্ধি পায়, পরীক্ষার সাহায্যে তাহার বর্ণনা দাও। এই পরীক্ষার সহিত বস্তুর অবিনাশিতাবাদ-এর সংগতি কিরূপে রক্ষা করিবে?]

3. State the law of Constant Proportions How will you prove the truth of this law by means of an experiment? [স্থিরানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। পরীক্ষার দ্বারা ইহার সত্যতা কিরূপে প্রমাণ করিবে?]

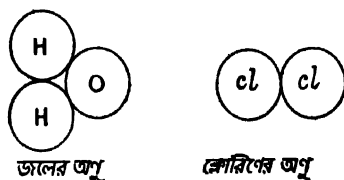
4. Describe with examples the different types of chemical reactions. [রাসায়নিক ক্রিয়া কত প্রকারের হইতে পারে, উদাহরণ সহ বর্ণনা কর।]

5. Say, to what class the following reactions belong?—
   (a) Sodium Chloride + Silver Nitrate = Sodium Nitrate + Silver Chloride.
   (b) Carbon + Oxygen = Carbon di-oxide.
   (c) Copper + Mercury Chloride = Copper Chloride + Mercury.
   (d) Barium Chloride + Sodium Sulphate = Barium Sulphate + Sodium Chloride.

পঞ্চম অধ্যায়

অণু, পরমাণু ও ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ

লাভোয়াসিয়ে দেখাইলেন যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে বস্তুর সৃষ্টি অথবা বিনাশ হয় না শুধু তাহার রূপান্তর ঘটে, এবং প্রুস্ত্‌ প্রমাণ করিলেন যে, একই যৌগিক পদার্থে গঠনকারী মৌলিক পদার্থসমূহ সর্বদা একই অনুপাতে থাকে।

বৈজ্ঞানিক ডাল্‌টন পদার্থের গঠন সম্বন্ধে এক মতবাদ প্রচার করিয়া দেখাইলেন যে, তাঁহার মতবাদ স্বীকার করিলে বস্তুর অবিনাশিতা অথবা স্থিরানুপাত সূত্রের কারণ সহজেই অনুমান করা যায়। ডাল্‌টনের মতে, মৌলিক পদার্থ মাত্রেই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকা দ্বারা গঠিত। এই কণিকাগুলিকে

১১নং চিত্র—অণুর গঠন

পরমাণু (Atom) বলা যাইতে পারে। পরমাণু অবিভাজ্য এবং একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুসমূহের গুণ এবং ওজনও এক। বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুর ওজন ভিন্ন এবং তাহাদের গুণও ভিন্ন। একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু, আর একটি বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সহিত নির্দিষ্ট সংখ্যায় যুক্ত হইলে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়।

কয়েকটি পরমাণু একত্র যুক্ত হওয়ার ফলে অপেক্ষাকৃত বড় কণিকার সৃষ্টি হয়। এই কণিকাগুলিকে অণু (Molecule) আখ্যা দেওয়া হয়। যৌগিক পদার্থের অণুই হইল তাহার ক্ষুদ্রতম অংশ। ইহাকে আরও বিভক্ত করিলে ইহা আর ঐ যৌগিক পদার্থের অংশ থাকিবে না, বিভিন্ন

মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে পরিণত হইবে। যেমন, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সমন্বয়ে গঠিত। জলের অণুই হইতেছে তাহার ক্ষুদ্রতম অংশ, যাহাতে জলের নিজস্ব গুণ বর্তমান। এই অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। এই অণুকে আরও বিভক্ত করিলে উহা ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুতে পরিণত হইবে। যৌগিক ও মৌলিক উভয় প্রকার পদার্থেরই অণু থাকে। যৌগিক পদার্থের অণুগুলি বিভিন্ন প্রকার পরমাণু লইয়া গঠিত। কিন্তু মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একই প্রকার পরমাণুর সমবায়ে গঠিত।

রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে পরমাণুর বিনাশ হয় না, শুধু তাহাদের পুনর্বিন্যাস হয়। যদি জলে অণুগুলি দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত হয়, তবে জলের প্রতিটি অণুর ওজন দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের যোগফলের সমান হইবে। লাভোয়াসিয়ের 'বস্তুর অবিনাশিতাবাদ' এইরূপে সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়।

কোনো বিশেষ যৌগিক পদার্থের অণুতে গঠনকারী পরমাণুর সংখ্যা সর্বদাই স্থির থাকে। সুতরাং পরমাণুগুলির ওজন নির্দিষ্ট এবং সংখ্যাও নির্দিষ্ট; অতএব যে-কোনো অণুতে তাহাদের ওজনের অনুপাতও নির্দিষ্ট। যেমন, জলের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে। প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন যদি হয় 'X' এবং অক্সিজেন পরমাণুর ওজন যদি হয় 'Y', তবে জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত হইবে $2x : 1y$.

পারমাণবিক ও আণবিক গুরুত্ব
(Atomic weight & Molecular weight)

পারমাণবিক গুরুত্ব: পরমাণুমাত্রেরই একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। কিন্তু গ্রাম্ হিসাবে এই ওজন এতই কম (10^{-23} গ্রাম্-এর কাছাকাছি) যে এইভাবে তাহার ওজন নির্ণয় ও প্রকাশ প্রায় অসম্ভব। সেইজন্য কোনো

বিশেষ মৌলের পরমাণুকে একক ধরিয়া সেই পরমাণু অপেক্ষা আলোচ্য পরমাণুটি যতগুণ ভারী, তাহাই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব। লঘুতম মৌল হিসাবে পূর্বে হাইড্রোজেন পরমাণুকেই একক বলিয়া ধরা হইত। কিন্তু কতকগুলি সুবিধার জন্য বর্তমানে অক্সিজেন পরমাণুকে 16 ধরিয়া অন্যান্য পরমাণুর গুরুত্ব প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ কোনো মৌলের পরমাণু অক্সিজেন পরমাণু অপেক্ষা যতগুণ ভারী, তাহাকে 16 দিয়া গুণ করিলে সেই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যাইবে। এই হিসাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব দাঁড়ায় 1·008।

আণবিক গুরুত্ব: পরমাণু লইয়াই অণু গঠিত। সুতরাং একটি অণুতে যতগুলি পরমাণু থাকে, তাহাদের প্রত্যেকের পারমাণবিক গুরুত্বকে পরমাণুর সংখ্যা দ্বারা গুণ করিয়া গুণফলগুলি যোগ করিলে আণবিক গুরুত্ব পাওয়া যাইবে। যেমন, জলের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে। সুতরাং,

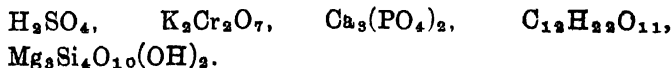
জলের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 1{\cdot}008 + 1 \times 16{\cdot}00$

$= 18{\cdot}016$

Exercises

1. What is Dalton's Atomic Theory? Why do you believe in the existence of atoms? [ডাল্টনের পরমাণু তত্ত্ব কি? পরমাণুর অস্তিত্বে বিশ্বাস কর কেন?]

2. What do you understand by atomic weight? [পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে কি বোঝ?]

3. Find out the molecular weights of the following compounds with the help of the table given previously—
H_2SO_4, $K_2Cr_2O_7$, $Ca_3(PO_4)_2$, $C_{12}H_{22}O_{11}$, $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$.

ষষ্ঠ অধ্যায়

চিহ্ন, সংকেত ও সমীকরণ

(Symbols, Formulæ and Equations)

মৌলিক পদার্থের নাম ও চিহ্ন: বিভিন্ন রাসায়নিক প্রক্রিয়া বোঝানোর সুবিধার জন্য মৌলিক পদার্থগুলির নামের পরিবর্তে এক বা দুইঅক্ষর বিশিষ্ট চিহ্নের ব্যবহার করা হয়। এই চিহ্নগুলি নামের আদ্যঅক্ষর বা প্রথম দুইটি অক্ষর লইয়া গঠিত। যেমন,

নাম	চিহ্ন
নাইট্রোজেন—Nitrogen	N
অক্সিজেন—Oxygen	O
অ্যালুমিনিয়াম—Aluminium	Al

. কোনো কোনো ক্ষেত্রে ইংরাজী নামের পরিবর্তে পদার্থের ল্যাটিন নামের আদ্য অক্ষরও ব্যবহৃত হইয়াছে। যথা—

সিল্‌ভার—Silver	Ag (Argentium)
গোল্ড—Gold	Au (Aurum)

প্রতিটি চিহ্নদ্বারা শুধু যে সংশ্লিষ্ট পদার্থের নাম প্রকাশিত হয় তাহা নহে, ইহা দ্বারা ঐ পদার্থের একটি পরমাণুও সূচিত হয়। সুতরাং 'N' চিহ্নটি দ্বারা নাইট্রোজেনের নাম, একটি নাইট্রোজেন পরমাণু এবং 14 ভাগ নাইট্রোজেন বুঝিতে হইবে।

অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি সাধারণ গ্যাসের অণু দুইটি পরমাণু লইয়া গঠিত, আবার ফস্‌ফরাসের অণুতে চারিটি পরমাণু থাকে। সুতরাং 'নাইট্রোজেন, অক্সিজেন কিংবা ফস্‌ফরাসের একটি অণু বুঝাইতে হইলে N_2, O_2, P_4 এইভাবে লেখা হয়।

যৌগিক পদার্থের স্বাধীনসত্ত্বাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম অংশ তাহাদের অণু। প্রতিটি অণুর গঠনকারী মৌলিক পদার্থের চিহ্নগুলির সমবায়ে গঠিত

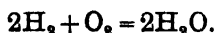
একটি সংকেতের সাহায্যে যৌগিক পদার্থের সংক্ষিপ্ত চিহ্ন দেওয়া হয়। এই চিহ্নকে উক্ত পদার্থের **সংকেত** বলা হয়। লবণের মধ্যে আছে সোডিয়াম ও ক্লোরিন, অতএব ইহার সংকেত হইবে 'NaCl'। যদি কোনো যৌগিক পদার্থের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা সমান সমান না হয়, তবে আণবিক সংকেতের মধ্যে তাহাদের সংখ্যার অনুপাতও থাকিবে। জলের অণু দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত, সুতরাং জল H_2O। H_2O সংকেত দ্বারা জলের একটি অণু বুঝায়, আবার 18 ভাগ জলও বুঝায়, কারণ জলের আণবিক গুরুত্ব 18। এইরূপে প্রত্যেক আণবিক সংকেত হইতে জানা যায়—

(১) কি কি মৌলের দ্বারা পদার্থটি গঠিত, এবং

(২) কি কি অনুপাতে বিভিন্ন মৌল পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে।

কোনো যৌগিক পদার্থের অণুতে প্রকৃতপক্ষে কোন্ মৌলের কয়টি পরমাণু আছে, বিভিন্ন রাসায়নিক পরীক্ষাদ্বারা তাহা জানা সম্ভব। সে ক্ষেত্রে আণবিক সংকেতও সেইরূপ লিখিতে হইবে। উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেন পারক্সাইডের কথা ধরা যাইতে পারে। এই পদার্থে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক হার 1 : 1। সুতরাং, ইহার সংকেত HO হইতে পারে। কিন্তু পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে, প্রতি হাইড্রোজেন পারক্সাইড অণু দুইটি হাইড্রোজেন ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। সুতরাং ইহার প্রকৃত সংকেত H_2O_2 হইবে, HO নহে।

সমীকরণ (Equation)ঃ রাসায়নিক ক্রিয়ার সংক্ষেপ প্রকাশের জন্য চিহ্ন, সংকেত প্রভৃতির সাহায্যে ইহাকে সমীকরণের আকারে প্রকাশ করা হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ার পরিণতি জল,—এই রাসায়নিক তথ্যটি সমীকরণের সাহায্যে নিম্নলিখিত আকারে প্রকাশ করা হয়—

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

ইহার অর্থ, দুইটি হাইড্রোজেন অণু ও একটি অক্সিজেন অণুর পারস্পরিক সংযুক্তির ফলে দুইটি জলের অণু উৎপন্ন হয়। সমীকরণকালে

বিক্রিয়কগুলি পরস্পরের মধ্যে যুক্ত চিহ্ন দিয়া বাম পার্শ্বে লিখিত হয় এবং উৎপন্ন দ্রব্যগুলি সেইভাবে দক্ষিণ পার্শ্বে লিখিত হয়। উভয়ের মধ্যে থাকে বীজগণিতের সমীকরণ চিহ্ন।

রাসায়নিক সমীকরণের কতকগুলি সাধারণ নিয়ম আছে। সমীকরণ করিতে হইলে,

(১) প্রথমে রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ও তদ্‌জাত পদার্থসমূহ কি তাহা জানিতে হইবে।

(২) এই সমস্ত পদার্থের প্রত্যেকের আণবিক সংকেত জানিতে হইবে।

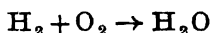
(৩) বাম পার্শ্বে বিক্রিয়কদের ও দক্ষিণ পার্শ্বে উৎপন্ন বস্তুগুলির আণবিক সংকেত লিখিয়া একটি খসড়া সমীকরণ খাড়া করিতে হইবে।

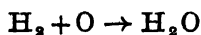
(৪) শেষে সমীকরণের উভয়দিকের সামঞ্জস্য বিধান (balance) করিতে হইবে। উদাহরণস্বরূপ,

(ক) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ার পরিণতি—জল ;

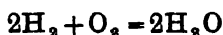
(খ) হাইড্রোজেনের আণবিক সংকেত H_2, অক্সিজেনের O_2 এবং জলের H_2O ;

(গ) খসড়া সমীকরণ :—

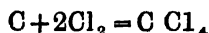
$$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$$

(ঘ) যেহেতু রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কোনো নূতন বস্তুর সৃষ্টি অথবা বিনাশ হয় না, অতএব সমীকরণচিহ্নের উভয়পার্শ্বে মোট পরমাণুর সংখ্যা একই থাকিবে। উপরের খসড়া সমীকরণের বাম পার্শ্বে দুইটি ও দক্ষিণ পার্শ্বে একটি অক্সিজেন পরমাণু রহিয়াছে ; সমীকরণটি,

$$H_2 + O \rightarrow H_2O$$

এইভাবে লিখিলে উভয় পার্শ্বে পরমাণুর সংখ্যা সমান হয়, কিন্তু অক্সিজেনের আণবিক সংকেত না লেখায় ইহা নিয়মবিরুদ্ধ হয়। দক্ষিণ পার্শ্বে দুইটি জলের অণু লইলে, অক্সিজেনের পরমাণু উভয়পার্শ্বে সমান হয়;

কিন্তু ইহাতে দক্ষিণ পার্শ্বে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা 4 হয়। সুতরাং বামপার্শ্বেও দুইটি হাইড্রোজেন অণু লইলেই সমস্যার সমাধান হয়, এবং প্রকৃত সমীকরণটি দাঁড়ায়

$$2H_2+O_2=2H_2O$$

হাইড্রোজেন ও জলের আণবিক সংকেতের বামপার্শ্বে লিখিত 2 সংখ্যাটি অণুর সংখ্যাজ্ঞাপক।

রাসায়নিক সমীকরণ সম্বন্ধে সর্বদা স্মরণ রাখা উচিত যে, কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় বলিয়া জানা থাকিলে তবেই উহা সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। কিন্তু,

$$C+2Cl_2=C\ Cl_4$$

(কার্বন-টেট্রাক্লোরাইড)

সমীকরণটি কাগজেকলমে ঠিক হইলেও রসায়নশাস্ত্রের আইনে ইহা ভুল। কারণ, কার্বন ও ক্লোরিনের পারস্পরিক ক্রিয়ায় উক্ত কার্বন-টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন হয় না। 'সমীকরণ সব সময় সুপরিজ্ঞাত রাসায়নিক ক্রিয়া প্রকাশের জন্য ব্যবহৃত হয়'—এই তথ্যটি নূতন শিক্ষার্থীর বিশেষভাবে স্মরণ রাখা উচিত।

আণবিক সংকেত ও স্থূল সংকেত: কোনো যৌগিক পদার্থের আণবিক সংকেত নির্ণয় করিতে হইলে প্রথমে বিশ্লেষণের (অমাত্রিক) সাহায্যে ইহার মধ্যে কি কি মৌল আছে, তাহা নির্ণয় করিয়া পরে মাত্রিক বিশ্লেষণের সাহায্যে প্রতিটি মৌলের শতকরা হার, অর্থাৎ প্রতি 100 ভাগ যৌগিক পদার্থের মধ্যে কোন্ মৌল কি পরিমাণে আছে তাহাও নির্ণয় করিতে হইবে। এই শতকরা হার হইতে প্রথম যে আণবিক সংকেত পাওয়া যাইবে তাহাকে বলা হয় 'স্থূল সংকেত' (Empirical Formula)। ইহাতে পরমাণুগুলি অণুতে কি হারে আছে তাহা জানা যায়, কিন্তু উহাদের প্রকৃত সংখ্যা জানা যায় না। যেমন, হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থূল সংকেত HO, কিন্তু প্রকৃত সংকেত H_2O_2, যদিও উভয় সংকেতেই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক হার এক (1:1)।

শতকরা হার হইতে স্থূল সংকেত নির্ণয়ঃ কোনো যৌগিক পদার্থের স্থূল সংকেত যদি $Ax\ By$ হয়, এবং A ও B মৌল দুইটির পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে a এবং b হয়, তবে যৌগিক পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব হইবে $xa+yb$। ইহাতে A এবং B-এর শতকরা হার হইবে,

$$\text{A-র শতকরা হার} = \frac{xa \times 100}{xa+yb}$$

$$\text{B-এর শতকরা হার} = \frac{yb \times 100}{xa+yb}$$

$$\text{সুতরাং}\quad \frac{\text{A-র শতকরা হার}}{\text{B-এর শতকরা হার}} = \frac{xa}{yb}$$

$$\text{অতএব,}\quad \frac{\text{A-র শতকরা হার} \div a}{\text{B-এর শতকরা হার} \div b} = \frac{x}{y} = \frac{\text{A-র পরমাণু সংখ্যা}}{\text{B-এর পরমাণু সংখ্যা}}$$

সুতরাং, শতকরা হার হইতে স্থূল সংকেত নির্ণয় করিতে হইলে—

(১) প্রতিটি মৌলিক উপাদানের শতকরা হারকে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ কর। ইহাতে অণুর মধ্যে পরমাণুগুলির সংখ্যার একটা হার পাওয়া যাইবে।

(২) প্রাপ্ত সংখ্যাগুলির মধ্যে যেটি ক্ষুদ্রতম, সেইটি দ্বারা অন্যগুলিকে ভাগ করিলে এই হার পূর্ণ সংখ্যায় পাওয়া যাইবে।

উদাহরণঃ আয়রন্ (লৌহ) ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল তাহার মধ্যে শতকরা 30 ভাগ অক্সিজেন আছে। ইহার স্থূল সংকেত বাহির কর। পারমাণবিক গুরুত্ব, Fe = 55·97, O = 16·00।

অক্সিজেন শতকরা 30 ভাগ, সুতরাং আয়রন্ আছে শতকরা 70 ভাগ। উক্ত পদার্থের প্রতি অণুতে যদি আয়রন্ ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা x এবং y হয়, তবে পদার্থটির স্থূল সংকেত হইবে Fe_xO_y,

$$\text{সুতরাং}\quad \frac{x}{y} = \frac{70/55{\cdot}97}{30/16} = 1{\cdot}25 : 1{\cdot}87$$

এখন উভয় সংখ্যাকে 1·25 দিয়া ভাগ করিলে

$$x : y = 1 : 1{\cdot}5$$

কিন্তু পরমাণু অবিভাজ্য, সুতরাং দক্ষিণপার্শ্বের উভয় সংখ্যাকে 2 দ্বারা গুণ করিলে $x:y=2:3$, অতএব আয়রন্ অক্সাইডের স্থূল সংকেত—Fe_2O_3।

স্থূল সংকেত হইতে প্রকৃত আণবিক সংকেত ঃ

উদাহরণ ঃ কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন লইয়া গঠিত একটি পদার্থে $C=40\%$, $H=6{\cdot}67\%$, এবং ইহার আণবিক গুরুত্ব 180, পদার্থটির আণবিক সংকেত বাহির কর।

$$C=40\% \quad \text{এবং} \quad H=6{\cdot}67\%$$

$$\text{সুতরাং} \quad O=100-(40+6{\cdot}67)=53{\cdot}33\%$$

প্রতি মৌলের শতকরা হারকে পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিলে,

$$C=40/12 \quad =3{\cdot}33$$
$$H=6{\cdot}67/1 \quad =6{\cdot}67$$
$$O=53{\cdot}33/16=3{\cdot}33$$

এই সংখ্যাগুলিকে ন্যূনতম সংখ্যা 3·33 দ্বারা ভাগ করিলে,

$$C=3{\cdot}33/3{\cdot}33=1$$
$$H=6{\cdot}67/3{\cdot}33=2$$
$$O=3{\cdot}33/3{\cdot}33=1$$

সুতরাং পদার্থটির স্থূল সংকেত CH_2O, এবং আণবিক সংকেত $(CH_2O)_n$ কিন্তু ইহার আণবিক গুরুত্ব 180, অতএব

$$(CH_2O)_n=180 \quad \text{অথবা} \quad n(12+2+16)=180$$
$$n\times 30=180$$

সুতরাং, $n=6$

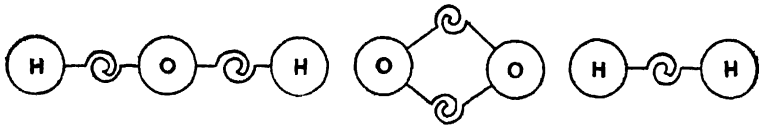
অতএব, আণবিক সংকেত $(CH_2O)_6$

অথবা, $C_6H_{12}O_6$

আণবিক সংকেত হইতে শতকরা হার ঃ আণবিক সংকেত হইতে কোন্ পদার্থ কি পরিমাণে আছে তাহা জানা যায়। জলের আণবিক

সংকেত H_2O, সুতরাং ইহার 18 ভাগে আছে 2 ভাগ হাইড্রোজেন ও 16 ভাগ অক্সিজেন। অতএব, প্রতি 100 ভাগে হাইড্রোজেন থাকিবে $\frac{2}{18} \times 100 = 11{\cdot}11$ ভাগ, এবং অক্সিজেন $\frac{16}{18} \times 100 = 88{\cdot}89$ ভাগ। সুতরাং জলে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের শতকরা হার যথাক্রমে 11·11 ও 88·89।

যোজ্যতা (Valency) : বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সমন্বয়ে একটি যৌগিক পদার্থের প্রত্যেকটি অণুর সৃষ্টি হয়। যেমন, দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু লইয়া জলের অণু গঠিত। এখানে প্রশ্ন হইতে পারে যে বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুগুলির পরস্পরের সহিত সংযুক্তি কোনো নির্দিষ্ট নিয়ম অনুসারে হয়, অথবা আপন খেয়ালমত হয়। সৌভাগ্যক্রমে, প্রতিটি মৌলপরমাণুর অপর পরমাণুর সহিত সংযুক্তির একটি নির্দিষ্ট সংখ্যা আছে। উহাকে উক্ত মৌলের যোজ্যতা বলা হয়।

যোজ্যতাকে পরমাণুর গায়ে লাগানো হুক (Hook) বা আঁকশী-রূপে কল্পনা করিলে অনেক সময় বুঝিবার সুবিধা হয়। যেমন,

১১ক—হাইড্রোজেন অণু ১১খ—অক্সিজেন অণু ১১গ—জলের অণু

হাইড্রোজেন সম্বন্ধে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহার একটি পরমাণুর সহিত অন্য কোনো মৌলের একটির বেশী পরমাণু কখনোই সংযুক্ত হয় না। সুতরাং মনে করা যাইতে পারে যে, হাইড্রোজেন পরমাণুর গায়ে একটিমাত্র 'আঁকশী' লাগানো আছে, অর্থাৎ ইহার যোজ্যতা এক। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 ধরিলে অক্সিজেনের যোজ্যতা হয় 2, কারণ জলের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত থাকে।

দুইটি 'আঁকশী'র বদলে একটি সরলরেখা দিয়া আমরা জলের অণুকে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করিতে পারি।

দুইটি পরমাণুর মধ্যে বন্ধনীসূচক রেখাগুলিকে **যোজক** (bond) বলে, এবং নিম্নের চিত্রে প্রদত্ত সংকেতকে **সংযুতি সংকেত** (structural formula) বলে।

১২নং চিত্র—জলের
সংযুতি-সংকেত

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণুতে একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত থাকে। সুতরাং এই যৌগিক পদার্থে ক্লোরিনের যোজ্যতা 1 ধরা যাইতে পারে। ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডে একটি ক্যাল্‌সিয়াম পরমাণুর সহিত দুইটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত থাকে। অতএব, ক্লোরিনের যোজ্যতা 1 হইলে ক্যাল্‌সিয়ামের যোজ্যতা 2 হইবে। এইরূপে বিভিন্ন মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা যায়।

যে মৌলের যোজ্যতা 1 তাহাকে **একযোজী** (monovalent), যাহার যোজ্যতা 2 তাহাকে **দ্বিযোজী** (bivalent), এবং যাহার 3 তাহাকে **ত্রিযোজী** (trivalent) ইত্যাদি বলা হয়। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা 3 হইতে 8 পর্যন্ত হইতে দেখা যায়।

যোজ্যতা হইতে আণবিক সংকেত নির্ণয়ঃ যৌগিক পদার্থের অণুতে গঠনকারী প্রতি মৌলের মোট যোজ্যতা সমান হইবে, অর্থাৎ প্রতি অণুতে গঠনকারী যে কোনো মৌলের যোজ্যতা ও পরমাণুসংখ্যার গুণফল সমান। যেমন জলের অণুতে হাইড্রোজেনের পরমাণুসংখ্যা 2 ও যোজ্যতা 1, সুতরাং মোট যোজ্যতা $2 \times 1 = 2$, এবং অক্সিজেনের সংখ্যা 1 ও যোজ্যতা 2; অতএব মোট যোজ্যতা $1 \times 2 = 2$।

A এবং B মিলিয়া যদি একটি যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে, তবে

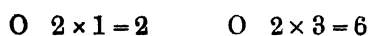
$$\frac{\text{অণুমধ্যে A'র সংখ্যা}}{\text{অণুমধ্যে B'র সংখ্যা}} = \frac{\text{B'র যোজ্যতা}}{\text{A'র যোজ্যতা}}$$

উদাহরণ ঃ অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা 3 এবং অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 ; অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের আণবিক সংকেত বাহির কর।

মৌল	যোজ্যতা	পরমাণু-সংখ্যা	মোট যোজ্যতা
Al	3	2	6
O	2	3	6

সুতরাং, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের আণবিক সংকেত Al_2O_3।

অনেক মৌলিক পদার্থের একাধিক যোজ্যতা থাকে এবং বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে তাহা প্রকাশ পায়। আয়রনের যোজ্যতা 2 অথবা 3 হয়। সুতরাং, অক্সিজেনের সহিত সংযুক্তির ফলে ইহা

$$Fe\ 2\times1=2 \qquad Fe\ 3\times2=6$$
$$O\ 2\times1=2 \qquad O\ 2\times3=6$$

FeO এবং Fe_2O_3 দুইটি অক্সাইড উৎপন্ন করে।

যৌগিক পদার্থের নামকরণ ঃ যৌগিক পদার্থের নাম সাধারণত উহার গঠনকারী মৌলিক পদার্থগুলির নাম লইয়া গঠিত হয়। যেমন অক্সি-জেনের সহিত অন্য কোনো মৌলের যৌগিক পদার্থকে উহার অক্সাইড বলা হয়। সেইরূপ নাইট্রোজেনের যৌগিক পদার্থকে নাইট্রাইড, সালফারের সালফাইড, আয়োডিনের আয়োডাইড, ক্লোরিনের ক্লোরাইড, ইত্যাদি। এ ক্ষেত্রে নিয়ম হইল যে, কোনো অধাতুর সহিত যদি কোনো ধাতু বা হাইড্রোজেনের সংযোগ হয়, তবে ধাতু বা হাইড্রোজেন প্রথমে ও অধাতুটি শেষে বলা হয়, এবং ইহার নামের শেষে একটি -আইড (-ide) যোগ করা হয়। যেমন—

ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড (MgO)
আয়রন্ সাল্‌ফাইড (FeS)
অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড (AlN)
ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$)
পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) ইত্যাদি।

অনেকস্থলে পরমাণুর সংখ্যা বুঝাইবার জন্য পদার্থের নামের পূর্বে 'মনো', 'ডাই', 'ট্রাই' ইত্যাদি যোগ করা হয়। যেমন—

কার্বন **ডাই**-অক্সাইড (CO_2)
ফস্‌ফরাস **পেন্টো**ক্সাইড (P_2O_5)
কার্বন **ডাই**-সাল্‌ফাইড (CS_2)
কার্বন **টেট্রা** ক্লোরাইড (CCl_4)

যে সকল মৌলের যোজ্যতা একের অধিক, তাহাদের ক্ষেত্রে নিম্নতর যোজ্যতার জন্য -'আস্‌' (-ous) এবং উচ্চতর যোজ্যতার জন্য -'ইক' (-ic) উপসর্গ যোগ করা হয়। যেমন—

ফেরাস্‌ ক্লোরাইড ($FeCl_2$)
ফেরিক্‌ ক্লোরাইড ($FeCl_3$)
স্ট্যানাস্‌ ক্লোরাইড ($SnCl_2$)
স্ট্যানিক ক্লোরাইড ($SnCl_4$) ইত্যাদি।

Exercises

1. The percentages of hydrogen, nitrogen and oxygen in a chemical compound are respectively 1·59, 22·22, and 76·19. Find out its empirical formula. [Ans. HNO_3]

[কোনো যৌগিক পদার্থে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা হার যথাক্রমে 1·59%, 22·22%, ও 76·19%। ইহার স্থূল বা আনুপাতিক সংকেত (Empirical formula) নির্ণয় কর]

2. In a certain compound the percentages of elements are hydrogen 4·07, nitrogen 11·39, oxygen 26·01 and carbon 58·53. Find its empirical formula. [Ans. $C_6H_5NO_2$]

3. A gaseous hydrocarbon contains 14·29 per cent. hydrogen. 46·43 cc of the gas at a temperature of 11°c and a pressure of 749 mm. of mercury weighs 0·11 gram. Find out the molecular formula of the gas. [কোনো গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে শতকরা 14·29 ভাগ

হাইড্রোজেন আছে। 11° সে: গ্রে: উষ্ণতায় ও 749 মিঃ মিঃ চাপে উক্ত গ্যাসের 46·43 সি.সি.র ওজন 0·11 গ্রাম্। গ্যাসটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।]

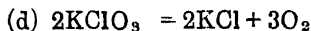
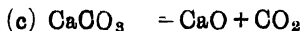
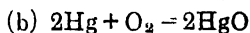
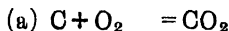
4. Write down the molecular formulæ of the following metallic chlorides, assuming that the valency of chlorine towards metals is one. The valencies of metals are given inside brackets. [ধাতব পদার্থের সহিত ক্লোরিনের যোজ্যতা 1 হইলে, নিম্নলিখিত ধাতব ক্লোরাইডগুলির আণবিক সংকেত লেখ। বন্ধনীমধ্যে ধাতুগুলির যোজ্যতা দেওয়া হইল।] Na (1), Ca (2), Al (3), Ti (4)

5. Write down the molecular formulæ of the probable compounds between the elements, from their valencies (given within brackets). [যোজ্যতা হইতে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির মধ্যে সম্ভাব্য যৌগিক পদার্থগুলির আণবিক সংকেত লেখ :—]

Carbon (4) and aluminium (3)
Carbon (4) and oxygen (2)
Aluminium (3) and oxygen (2)
Phosphorus (5) and oxygen (2)

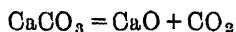
6. Explain the following terms :—atomic weight, molecular weight, symbol, formula. [পারমাণবিক গুরুত্ব, আণবিক গুরুত্ব, চিহ্ন, সংকেত প্রভৃতি বলিতে কি বোঝ লেখ।]

7. What informations do you get from the following equations ? [নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির দ্বারা কি কি বোঝা যায় ?]

(a) $C + O_2 = CO_2$
(b) $2Hg + O_2 = 2HgO$
(c) $CaCO_3 = CaO + CO_2$
(d) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

8. Limestone ($CaCO_3$) on heating is decomposed into lime (CaO) and carbon di-oxide (CO_2). How much lime can be obtained from 10 tons of limestone ? [Ans. 5·6 tons]

[চুনাপাথরকে ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া চুন (CaO) ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। 10 টন চুনাপাথর হইতে কত টন চুন পাওয়া যাইবে ?]

উত্তর ঃ চুনাপাথর বা ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেটের বিযোজন নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়—

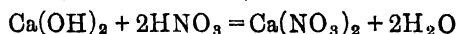
$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$(4+12+3\times16)(40+16)$$

সুতরাং, 100 ভাগ চুনাপাথর হইতে 56 ভাগ চুন (CaO) পাওয়া যায়।

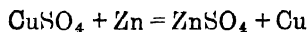
অতএব, 10 টন চুনাপাথর হইতে 5·6 টন চুন পাওয়া যাইবে।

9. How much calcium nitrate [$Ca(NO_3)_2$] will be produced by the reaction of 148 gms. of slaked lime [$Ca(OH)_2$] with excess of dilute nitric acid ? (Ca = 40, O = 16, H = 1)

[Ans. 328 gms.]

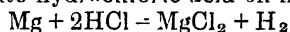
[148 গ্রাম্ কলিচুনের [$Ca(OH)_2$] সহিত অতিরিক্ত লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের (HNO_3) ক্রিয়ার ফলে কত গ্রাম্ ক্যাল্‌সিয়াম নাইট্রেট [$Ca(NO_3)_2$] উৎপন্ন হইবে ? (Ca = 40 ; O = 16 ; H = 1) সমীকরণটি নিম্নলিখিতরূপ—

$$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$$

10. Metallic copper is deposited when Zinc is added to a copper sulphate solution. [কপার সাল্‌ফেট দ্রবণে ($CuSO_4$) জিঙ্ক দিলে ধাতব কপার পাওয়া যায়।]

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$$

How much copper (Cu = 63·6) will be obtained by using 16·3 tons of zinc (Zn = 65·2) ? [Ans. 15·9 tons]

[16·3 টন জিঙ্ক (Zn = 65·2) ব্যবহার করিয়া কত টন কপার (Cu = 63·6) পাওয়া যাইবে ?]

11. Magnesium chloride and hydrogen gas are produced by the action of dilute hydrochloric acid on metallic magnesium.

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

How many pounds of magnesium will be necessary to produce 190 lbs of magnesium chloride ($MgCl_2$) ?

(Mg = 24, Cl = 35·5) [Ans. 48 lbs]

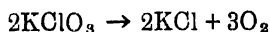
[ম্যাগ্‌নেসিয়ামের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

190 পাউণ্ড ম্যাগ্‌নেসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করিতে কত পাউণ্ড ম্যাগ্‌নেসিয়ামের প্রয়োজন হইবে ?]

12. How many gms. of oxygen will be produced by heating 6·13 gms. of potassium chlorate ($KClO_3$) ?

(K = 39·1, Cl = 35·5, O = 16·0)

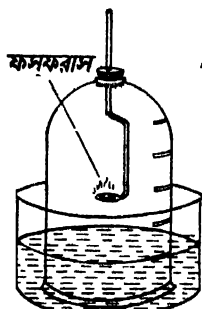
[6·13 গ্রাম্ পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম্ অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?]

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$$

সপ্তম অধ্যায়

জল ও বাতাস

জল ও বাতাস প্রাণী এবং উদ্ভিদ্-জীবনের অপরিহার্য উপাদান। বাতাসের সাহায্যে আমাদের শ্বাসপ্রশ্বাসের ক্রিয়া চলে, এবং ইহার অভাবে শ্বাসরুদ্ধ হইয়া মৃত্যু পর্যন্ত হয়। শুধু যে শ্বাসপ্রশ্বাসের জন্যই বাতাসের প্রয়োজন তাহা নহে। ইহার অভাবে দীপ জ্বলে না, এবং কয়লাও পোড়ে না ; সুতরাং আলোক এবং উত্তাপও হয় না।

দহনকার্যে বাতাস যে বিশেষ প্রয়োজনীয় তাহা আমরা সকলেই জানি। আমরা দেখিয়াছি যে, বায়ুতে ম্যাগ্‌নেসিয়াম তার পোড়াইলে যে ছাই পড়িয়া থাকে তাহার ওজন ম্যাগ্‌নেসিয়াম তারের ওজন অপেক্ষা বেশী। তখন স্বতঃই আমাদের মনে হয়, ওজনের এই বর্ধিত অংশ নিশ্চয়ই বাতাস হইতে সংগৃহীত। বায়ুর একটি অংশ যে দাহ্য বস্তুর সহিত সংযুক্ত হয়, পরীক্ষার দ্বারা তাহা দেখানো যায়।

পরীক্ষা : একটি প্রজ্বালনী চামচে (Deflagrating spoon) এক টুকরা ফস্‌ফরাস লইয়া তাহাতে অগ্নিসংযোগ কর, এবং জ্বলন্ত অবস্থায় ইহাকে জলপূর্ণ খোলা পাত্রের উপর রক্ষিত একটি বেল-জারের (Bell Jar) মধ্যে প্রবেশ করাইয়া দাও। ফস্‌ফরাস টুকরাটি কিছুক্ষণ জ্বলিয়া নিভিয়া যাইবে এবং বেল-জারের ভিতরটি সাদা ধোঁয়ায় পূর্ণ হইয়া যাইবে। সেই সঙ্গে দেখা যাইবে যে, বেল-জার-এর আয়তনের প্রায় $\frac{1}{5}$ অংশ জলপূর্ণ হইয়া গিয়াছে। এখন প্রজ্বালনী চামচটি বাহিরে আনিলে ফস্‌ফরাস পুনরায় জ্বলিতে থাকিবে এই পরীক্ষা হইতে কতকগুলি তথ্য জানা যায়, যেমন—

১৩নং চিত্র—ফস্‌ফরাসের দহন

(১) দহনকার্যের জন্য বাতাসের সাহায্য প্রয়োজন

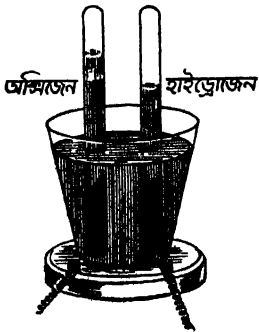
(২) মোট বাতাসের এক-পঞ্চমাংশ এই দহনকার্যে সহায়তা করে, বাকী অংশে কোনো দহনকার্য হয় না।

(৩) বাতাসের এই অংশের জন্যই দহনের ফলে দগ্ধ বস্তুর ওজন বৃদ্ধি পায়।

বাতাসের যে অংশের সাহায্যে শ্বাসপ্রশ্বাস ক্রিয়া চলে এবং দহনক্রিয়া সম্পন্ন হয় তাহাকে অক্সিজেন বলে, বাকী অংশের বেশীরভাগই নাইট্রোজেন গ্যাস।

বাতাস ও জল উভয়েরই মধ্যে আছে অক্সিজেন গ্যাস। জলের মধ্যে ইহা হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত থাকে, কিন্তু বাতাসের মধ্যে ইহা নাইট্রোজেনের সহিত মিশ্রিত থাকে।

জলের মধ্যে অক্সিজেনের অস্তিত্ব পরীক্ষা দ্বারা সহজেই প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা (জলের বিশ্লেষণ): চিত্রানুরূপ একটি কাচপাত্রের অর্ধেক জলপূর্ণ করিয়া তাহাতে সামান্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দাও। পাত্রটির ভিতরে দুই পার্শ্বে দুইটি সোজা প্লাটিনাম পাত আছে। জলপূর্ণ দুইটি কাচনল এই পাত দুইটির উপর উপুড় করিয়া দাও। এখন পাত দুইটির সঙ্গে সংযুক্ত দুইটি প্লাটিনাম তারের বহিঃপ্রান্ত একটি ব্যাটারীর দুই প্রান্তে যোগ করিয়া দিলে জলের মধ্যদিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহের ফলে দুইটি কাচনলে বুদ্‌বুদের আকারে গ্যাস আসিয়া জমা হইবে। কিছুক্ষণ বিদ্যুৎচালনার পর দেখা যাইবে যে, একটি কাচনলে গ্যাসের পরিমাণ অপরটির দ্বিগুণ। যেটি কম, সেইটি সাবধানে বাহিরে লইয়া আসিয়া তাহাতে নিবন্তপ্রায় একটি পাটকাঠি ধরিলে পাটকাঠিটি সতেজে জলিয়া থাকিবে। যেটিতে গ্যাস বেশী তাহার মধ্যে জলন্ত পাটকাঠি দিলে কা

১৪নং চিত্র—জলের বিশ্লেষণ

নিভিয়া যাইবে, কিন্তু গ্যাসটি মৃদু বিস্ফোরণের সহিত জ্বলিয়া যাইবে। প্রথম গ্যাসটি অক্সিজেন ও দ্বিতীয়টি হাইড্রোজেন।

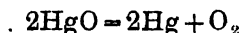
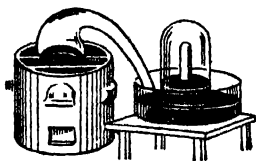
অক্সিজেন

আণবিক সংকেত O_2, পারমাণবিক গুরুত্ব $=16{\cdot}0$,

পরমাণু ক্রমাঙ্ক $=8$

জল, বাতাস, মাটি ও নানাপ্রকার খনিজ দ্রব্যের মধ্যে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে বর্তমান। ভূত্বকের ওজনের প্রায় অর্ধেকই অক্সিজেন।

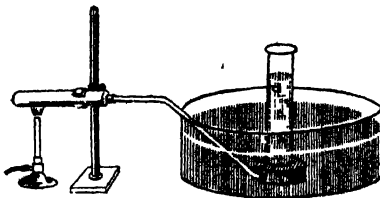
অক্সিজেনের আবিষ্কার ঃ সুইডেনবাসী বৈজ্ঞানিক 'শীলে' (Scheele) 1772 'সালে এই গ্যাস প্রথম প্রস্তুত করেন। কিন্তু 1777 সালের পূর্বে এই আবিষ্কারের কোনো বিবরণ প্রকাশিত না হওয়ায় ইংরেজ বৈজ্ঞানিক জোসেফ প্রীস্ট্‌লীকেই অক্সিজেন আবিষ্কারকের সম্মান দেওয়া হয়। 1774 খৃস্টাব্দে প্রীস্ট্‌লী মার্‌কিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিয়া এই গ্যাস প্রস্তুত করেন।

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

লাভোয়াসিয়ের পরীক্ষা ঃ 1777 খৃস্টাব্দে লাভোয়াসিয়ে একটি বকযন্ত্রে মার্‌কারি লইয়া উত্তপ্ত করিতে থাকেন। এই বকযন্ত্রের নলের উপরিভাগ একটি মার্‌কারিপূর্ণ পাত্রের উপর উপুড়-করা গ্যাস-জারের মধ্যে প্রবিষ্ট করাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে 12 দিন ধরিয়া চুল্লীর উপর উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল যে, বকযন্ত্র ও গ্যাস-জারের মধ্যস্থ বাতাসের এক-পঞ্চমাংশ অদৃশ্য হইয়াছে, এবং বকযন্ত্রের মার্‌কারির উপর লাল রংয়ের একপ্রকার চূর্ণ ভাসিতেছে। বাতাসের অবশিষ্ট অংশ পরীক্ষা করিয়া দেখা গেল যে ইহার মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং জীবন্ত ইঁদুর মরিয়া যায়। এই গ্যাসটিকে লাভোয়াসিয়ে 'আজোট' (Azote) বা নাইট্রোজেন নামে অভিহিত করেন। লাল চূর্ণগুলিকে পুনরায় উত্তপ্ত করিয়া বাতাস হইতে যে গ্যাস

১৫নং চিত্র—লাভোয়াসিয়ের পরীক্ষা

অদৃশ্য হইয়াছিল, সেই গ্যাসটি তিনি পুনরায় সমান পরিমাণে প্রস্তুত করেন। এই গ্যাসটিই প্রীস্ট্লী-আবিষ্কৃত অক্সিজেন গ্যাস। এইরূপে লাভোয়াসিয়ে বাতাসে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন, এবং আরও প্রমাণ করেন যে আলোক ও তাপ-বিকীরণ সহ কোনো বস্তুর অক্সিজেনের সহিত সংযোগকেই উক্ত বস্তুর **দহন** বলা হয়।

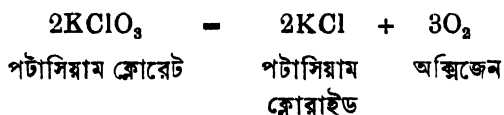
অক্সিজেন প্রস্তুতি : পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$)কে উত্তপ্ত করিয়া সাধারণত রসায়নাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। দেখা গিয়াছে যে, শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট লইলে অনেকক্ষণ ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে তবে অক্সিজেন পাওযা যায়, কিন্তু পটাসিযাম ক্লোরেটের সহিত স্বল্পপরিমাণ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) মিশাইয়া লইলে পটাসিয়াম ক্লোরেট সহজেই বিযোজিত হয়। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজনের পথ সুগম করিয়া দেয়, কিন্তু ইহা নিজে অপরিবর্তিত থাকে।

এইরূপে যে বস্তু কোনো বিশেষ রাসায়নিক ক্রিয়ার সংঘটনে সাহায্য কবে অথচ নিজে অপরিবর্তিত থাকে, তাহাকে **প্রভাবক** (Catalyst) বলে। এ স্থলে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডকে আমরা প্রভাবক বলিতে পারি।

প্রস্তুত-পদ্ধতি : বিচূর্ণ পটাসিযাম ক্লোরেটের সহিত তাহার $\frac{1}{4}$ ভাগ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণ উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া, ঐ মিশ্রণের কিয়দংশ দ্বারা একটি শক্ত কাচের মোটা পরীক্ষা নলের প্রায় অর্ধেক পূর্ণ কর। পরীক্ষা-নলটি মাটির সহিত সমান্তরাল করিয়া ক্ল্যাম্প (clamp) দ্বারা দৃঢবদ্ধ কর, যেন নলের মুখের দিক ঈষৎ নিম্নাভিমুখী হয়। নির্গমনল-বিশিষ্ট একটি ছিপি দ্বারা মুখ বন্ধ করিয়া দাও, এবং নির্গমনলের শেষ প্রান্ত একটি জলপূর্ণ গ্যাস-দ্রোণীর ভিতর রাখিয়া পরীক্ষা-নলটি বুন্সেন দীপ দ্বাবা উত্তপ্ত কর। কিছুক্ষণ পব নির্গমনলের শেষপ্রান্ত হইতে বুদ্বুদের আকারে গ্যাস উঠিতে থাকিবে। তখন ঐ নলের মুখে

১৬নং চিত্র—অক্সিজেন প্রস্তুতি

একটি জলপূর্ণ গ্যাস-জার সাবধানে উপুড় করিয়া দিলে গ্যাস বুদ্‌বুদগুলি জল সরাইয়া গ্যাস-জারের মধ্যে সঞ্চিত হইবে। জারটি গ্যাসপূর্ণ হইলে, জলের মধ্যেই কাচের ঢাক্‌নী দ্বারা মুখটি আবৃত করিয়া ইহাকে বাহিরে আনিয়া রাখ। এইরূপে পর পর কয়েকটি জার গ্যাসপূর্ণ করিয়া লও। এই রাসায়নিক ক্রিয়ায় পটাসিয়াম ক্লোরেট বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

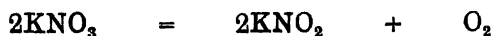
$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট   পটাসিয়াম ক্লোরাইড   অক্সিজেন

সমীকরণে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড লিখিবার প্রয়োজন নাই, কারণ ইহার কোনো পরিবর্তন হয় না। পটাসিয়াম ক্লোরেট ছাড়া আরও কয়েকটি অক্সিজেনযুক্ত পদার্থ উত্তপ্ত করিয়াও অক্সিজেন পাওয়া সম্ভব। প্রীস্ট্‌লী কর্তৃক মার্‌কিউরিক অক্সাইড হইতে অক্সিজেনপ্রাপ্তির কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে।

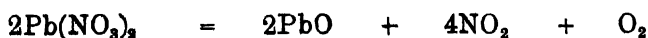
$$2HgO = 2Hg + O_2$$

মার্‌কারি অক্সাইড   মার্‌কারি   অক্সিজেন

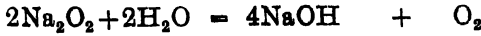
পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোরা উত্তপ্ত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া পটাসিয়াম নাইট্রাইট এবং অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট   পটাসিয়াম নাইট্রাইট   অক্সিজেন

লেড্ নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন পাওয়া যায়, কিন্তু ইহার সহিত নাইট্রোজেন পারক্সাইড নামে গাঢ় বাদামী রংয়ের আর একটি গ্যাস মিশ্রিত থাকে।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

লেড্ নাইট্রেট   লেড অক্সাইড   নাইট্রোজেন পারক্সাইড   অক্সিজেন

জলে সোডিয়াম পারক্সাইড দিলে ইহা হইতে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

সোডিয়াম পারক্সাইড   সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড   অক্সিজেন

শেষোক্ত রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে রসায়নাগারে অতি সহজে বিনা উত্তাপে অক্সিজেন পাওয়া যায়।

অক্সিজেনের ধর্ম

অবস্থাগত ধর্ম : অক্সিজেন বাতাসের ন্যায় স্বাদ, গন্ধ ও বর্ণহীন গ্যাস, কিন্তু বাতাস অপেক্ষা ইহার ঘনত্ব কিছু বেশী। জলে ইহার দ্রব্যতা খুব কম, এবং খুব ঠাণ্ডা অবস্থায় চাপ দিলে ইহা এক নীলাভ তরল পদার্থে পরিণত হয়।

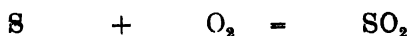
রাসায়নিক ধর্ম : নিজে অদাহ্য হইলেও অক্সিজেন অন্য বস্তুর দহনে সহায়তা করে। যে সকল বস্তু বাতাসে দগ্ধ হয়, অক্সিজেনে তাহারা আরও সহজেই দগ্ধ হয় ; যেমন—একটি শিখাবিহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি অক্সিজেন-জারের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া দিলে ইহা উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে থাকিবে।

প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে (ছয়টি নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া) অক্সিজেন সমস্ত মৌলিক পদার্থের সহিত সংযুক্ত হয়। বহু ধাতু ও অধাতু অক্সিজেনে পুড়িয়া নূতন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে। অক্সিজেনের সহিত অপর কোনো মৌলিক পদার্থের সংযুক্তির ফলে যে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়, তাহাকে **অক্সাইড** বলে। জলকে হাইড্রোজেন অক্সাইড বলা যাইতে পারে।

অক্সিজেন ও অধাতু

সাল্‌ফার : পরীক্ষা : একটি প্রজ্বালনী চামচে (Deflagrating Spoon) কিছু সাল্‌ফারচূর্ণ লইয়া উত্তপ্ত করিলে কিছুক্ষণ পর সাল্‌ফারচূর্ণে আগুন ধরিয়া যাইবে। এই অবস্থায় চামচটি একটি অক্সিজেনপূর্ণ জারে প্রবেশ করাইয়া দিলে এক অতি উজ্জ্বল বেগুণী আলোক বিকীরণ করিয়া সাল্‌ফার জ্বলিতে থাকিবে, এবং জারটি সাদা রংয়ের ঘন ধোঁয়ায় পূর্ণ হইয়া যাইবে। গ্যাস-জারে অল্প পরিমাণ জল লইয়া নাড়িয়া দিলে ধোঁয়া জলে

দ্রবীভূত হইবে, তখন তাহার মধ্যে নীল লিটমাস কাগজ ফেলিয়া দিলে তাহা লাল হইয়া যাইবে। অক্সিজেন গ্যাসে সাল্‌ফার পুড়িলে তাহা সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। সাদা ধোঁয়া এই গ্যাসের জন্যই হয়।

$$S + O_2 = SO_2$$

সাল্‌ফার অক্সিজেন সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড

জলে দ্রবীভূত হইলে সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড নামক এক অ্যাসিড বা অম্লজাতীয় পদার্থে পরিণত হয়।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড

অ্যাসিড বা অম্লজাতীয় পদার্থের একটি সাধারণ গুণ এই যে তাহারা নীল লিটমাসকে লাল করে। সুতরাং লিটমাস কাগজ দ্বারা পরীক্ষা করিয়া আমরা বুঝিতে পারিলাম যে, সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইডের দ্রবণটি অম্লজাতীয়।

সাল্‌ফারের পরিবর্তে প্রজ্বালনী চামচে কার্বন (কাঠকয়লার টুকরা) ও ফস্‌ফরাস লইয়া অনুরূপ পরীক্ষা করিলে উহারাও উজ্জ্বল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকিবে, এবং গ্যাস-জার সাদা ধোঁয়ায় পূর্ণ হইবে। লিটমাস পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে, ইহাদের দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসও জলে দ্রবীভূত হইলে অম্লজাতীয় হয়।

$$C + O_2 = CO_2$$

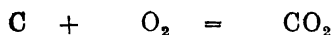
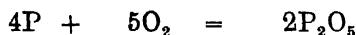
কার্বন অক্সিজেন কার্বন ডাই-অক্সাইড

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

ফস্‌ফরাস অক্সিজেন ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইড

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

কার্বনিক অ্যাসিড

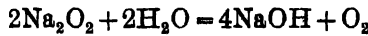
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

ফস্‌ফরিক অ্যাসিড

ধাতু লইয়া পরীক্ষা : প্রজ্বালনী চামচে এক টুকরা জ্বলন্ত সোডিয়াম লইয়া উহা একটি অক্সিজেন-জারের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া দাও।

সোডিয়াম টুকরাটি উজ্জ্বল হরিদ্রাবর্ণের আলোক সহ জ্বলিতে থাকিবে, এবং জারের নীচে সাদা ভস্ম পড়িয়া থাকিবে। জল দিয়া নাড়িয়া দিলে ভস্ম জলে দ্রবীভূত হইবে এবং দ্রবণে লাল লিটমাস দিলে তাহা নীল হইয়া যাইবে। ক্ষারজাতীয় পদার্থই লাল লিটমাস নীল করে। সুতরাং দ্রবণটি ক্ষারজাতীয়।

$$2Na + O_2 = Na_2O_2$$

সোডিয়াম পারক্সাইড

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

সোডিয়ামের পরিবর্তে পটাসিয়াম লইয়া পরীক্ষা করিলেও অনুরূপ ফল পাওয়া যাইবে। ম্যাগ্‌নেসিয়াম তার অক্সিজেনে পোড়াইলে যে অক্সাইড পাওয়া যায়, জলে তাহার দ্রাব্যতা অতি সামান্য এবং দ্রবণটি ক্ষারজাতীয়।

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

$$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$$

ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড

আয়রন্, কপার প্রভৃতি ধাতুও অক্সিজেনে পুড়িয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। কিন্তু, এই সব অক্সাইড জলে দ্রবণীয় নয়।

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$

ট্রাইফেরিক টেট্রোক্সাইড

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

কিউপ্রিক অক্সাইড

গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি কয়েকটি ধাতু ছাড়া প্রায় সব ধাতুই অক্সিজেনে পুড়িয়া যায়। উপরের উদাহরণগুলি হইতে বোঝা যায় যে, কোনো পদার্থ অক্সিজেনে পুড়িলে অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে সেই পদার্থের অক্সাইড-এর সৃষ্টি হয়।

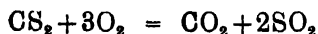
ধাতব অক্সাইডগুলি ক্ষারজাতীয়, এবং অধাতব অক্সাইডগুলি অম্লজাতীয়।

যৌগিক পদার্থ ও অক্সিজেন ঃ যে সকল যৌগিক পদার্থ সহজ-দাহ্য মৌলিক পদার্থ লইয়া গঠিত, তাহারা সহজেই অক্সিজেনে পুড়িয়া যায়। ইহার ফলে উৎপন্ন অক্সাইডগুলি প্রায়ই গঠনকারী মৌলিক পদার্থসমূহ পৃথকভাবে পুড়িলে যে অক্সাইড হইত, তাহাদেরই মিশ্রণ। কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড কার্বন ও সাল্‌ফার লইয়া গঠিত। কার্বন অক্সিজেনে পুড়িলে কার্বন ডাই-অক্সাইড হয় এবং সাল্‌ফার পুড়িলে সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড হয়; আবার কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড পুড়িলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

$$CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2$$

কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড

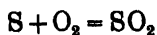
$$C + O_2 = CO_2$$

$$S + O_2 = SO_2$$

পেট্রোলের মধ্যে আছে কার্বন ও হাইড্রোজেন। এইজন্য পেট্রোল পুড়িলে জল (হাইড্রোজেন অক্সাইড) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড হয়।

দহন (Combustion) ঃ অক্সিজেন বাতাসের একটি উপাদান। সেইজন্য অক্সিজেনের সহিত অন্যান্য পদার্থের রাসায়নিক ক্রিয়ার পরিচয় আমরা প্রত্যহই কিছু-না-কিছু পাইয়া থাকি। অক্সিজেনের সহিত কোনো বস্তুর দ্রুত রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে যদি উত্তাপ ও আলোকের সৃষ্টি হয়, তবে সেই রাসায়নিক ক্রিয়াকে উক্ত বস্তুর দহন বলা হয়। দহন কথাটি প্রথম প্রথম কেবলমাত্র অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার ক্ষেত্রেই ব্যবহৃত হইত। পরে দেখা গেল, আরও অনেক রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলেও উত্তাপ ও আলোকের সৃষ্টি হয়।

পরীক্ষা ঃ তার্পিন তৈলে ভিজাইয়া একটি ফিল্‌টার কাগজ ক্লোরিন-গ্যাসপূর্ণ একটি জারের মধ্যে ছাড়িয়া দিলে তার্পিন তৈল জ্বলিয়া উঠিবে এবং কাগজটি কালো হইয়া যাইবে। এস্থলে তার্পিন তৈলের সহিত ক্লোরিন-গ্যাসের দ্রুত রাসায়নিক ক্রিয়ায় উত্তাপ ও আলোকের সৃষ্টি হইল। সুতরাং, আলোক ও উত্তাপ সহ যে-কোনো দ্রুত রাসায়নিক ক্রিয়াকেই আমরা দহন বলিতে পারি।

অক্সিজেন দ্বারা জারণ (Oxidation)ঃ কোনো পদার্থের সহিত অক্সিজেনের সংযোগকে 'জারণ' বলা হয়। যেমন, সালফার অক্সিজেনে পুড়িলে সালফার ডাই-অক্সাইড হয়।

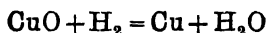
$$S + O_2 = SO_2$$

এই রাসায়নিক ক্রিয়াটি সালফারের জারণ—সালফার জারিত এবং অক্সিজেন গ্যাস ইহার জারক। কোনো যৌগিক পদার্থে অক্সিজেনের মাত্রা বৃদ্ধি পাইলে উহা জারিত হইয়াছে বুঝিতে হইবে। যেমন, কার্বন মনোক্সাইড অক্সিজেনে পুড়িলে কার্বন ডাই-অক্সাইড হয়।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

কার্বন মনোক্সাইড

এখানে কার্বন মনোক্সাইড জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়াছে।

বিজারণ (Reduction)ঃ ইহা জারণের ঠিক বিপরীত। কোনো পদার্থ হইতে অক্সিজেন সম্পূর্ণ অপসারণ করা অথবা তাহার পরিমাণ হ্রাস করাকে বিজারণ বলা হয়। যেমন, উত্তপ্ত কপার-অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ইহা কপার ধাতুতে পরিণত হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

কপার-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কপার ধাতু হইল, কিন্তু বিজারক হাইড্রোজেন জারিত হইয়া জলে (H_2O) পরিণত হইল। এই উদাহরণ হইতে আরেকটি তথ্য পাওয়া যায়।

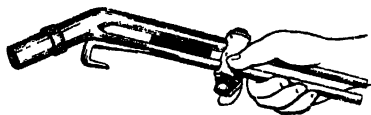
তথ্যটি এই যে, 'জারণ ও বিজারণ'-ক্রিয়া সর্বদা একই সঙ্গে নিষ্পন্ন হয়। অর্থাৎ, কোনো রাসায়নিক ক্রিয়ার এক অংশে যদি জারণ হয়, অপর অংশে বিজারণ হইতে বাধ্য।

অক্সিজেনের পরীক্ষাঃ নিম্নবর্ণিত পরীক্ষাগুলির সাহায্যে কোনো স্থানে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ পাওয়া যায়ঃ

(১) নিবন্তপ্রায় পাটকাঠি ইহার মধ্যে পুনরায় উজ্জ্বল হইয়া জ্বলিতে থাকিবে।

(২) বর্ণহীন নাইট্রিক-অক্সাইড (NO) গ্যাস ইহার সংস্পর্শে গাঢ় বাদামী ধোঁয়ার সৃষ্টি করিবে।

অক্সিজেনের শোষক : পাইরোগ্যালিক অ্যাসিডের ক্ষারীয় দ্রবণে ইহা দ্রুত শোষিত হয়।

অক্সিজেনের ব্যবহার : (১) অক্সি-অ্যাসিটিলিন টর্চ : পাশাপাশি দুইটি নলের একটি দিয়া অক্সিজেন গ্যাস ও অপরটি দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস আসিয়া আর একটি নলের মধ্যে মিশ্রিত হয়। এই নলের মুখ জ্বালাইয়া দিলে ইহা প্রচুর উত্তাপের সহিত জ্বলিতে থাকে। শিখার উষ্ণতা 4000° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত হয়। অ্যাসিটিলিনের বদলে অনেক সময় হাইড্রোজেনও ব্যবহৃত হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার উত্তাপ অক্সি-অ্যাসিটিলিন অপেক্ষা কিছু কম হয়। এই উভয়প্রকার শিখার সাহায্যে স্টাল প্রভৃতি শক্ত ধাতু গলানো ও জোড়া লাগানো হয়।

১৭নং চিত্র—অক্সি-অ্যাসিটিলিন টর্চ

(২) পর্বতারোহী, ডুবুরী, উড়োজাহাজের চালক, এবং নিউমোনিয়া প্রভৃতি কঠিন রোগাক্রান্ত ব্যক্তির শ্বাসকষ্ট নিবারণের জন্য চোঙা হইতে অক্সিজেন সরবরাহ করা হয়।

অক্সিজেন প্রস্তুতির শিল্প-পদ্ধতি : কারখানায় একসঙ্গে প্রভূত পরিমাণে অক্সিজেন প্রস্তুত করার জন্য সাধারণত জল ও বায়ু ব্যবহৃত হয়।

বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতের জন্য প্রথমে বায়ুকে খুব ঠাণ্ডা অবস্থায় চাপ প্রয়োগ করিয়া তরল করা হয়। বায়ু কোনো যৌগিক পদার্থ নহে। কতকগুলি মৌলিক পদার্থের (প্রধানত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন) মিশ্রণ মাত্র। তরল বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনও তরল অবস্থায় থাকে এবং ইহাদের স্ফুটনাঙ্কও ভিন্ন। নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক (—195° সেঃ গ্রেঃ) অক্সিজেন (—182° সেঃ গ্রেঃ) অপেক্ষা কম। সুতরাং নাইট্রোজেন আগে গ্যাস হইয়া উড়িয়া যাইবে, এবং অবশিষ্ট তরল পদার্থের

মধ্যে অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী হইবে। এইরূপে দুইটি তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক ভিন্ন হইলে বারংবার পাতনের দ্বারা তাহাদিগকে পৃথক করা যায়। এই পদ্ধতিকে 'আংশিক পাতন' (Fractional distillation) বলে।

জল হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতির পদ্ধতি পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে। এই বৈদ্যুতিক বিশ্লেষণ পদ্ধতিটি অনেক সময় আরও বৃহদাকারে কারখানায় অক্সিজেন প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।

* ওজোন

(আণবিক সংকেত O_3)

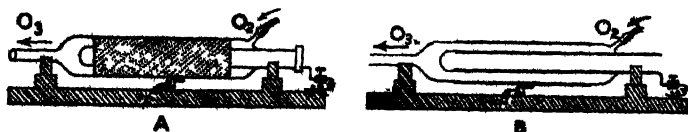
অক্সিজেনের প্রত্যেকটি অণু দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত, অথচ সাধারণ অক্সিজেন হইতে সম্পূর্ণ পৃথকধর্মবিশিষ্ট আর একটি গ্যাস আছে, তাহার নাম ওজোন। ইহার অণুগুলি তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। অক্সিজেন হইতে ইহার ধর্ম ভিন্ন হইলেও ইহা কোনো যৌগিক পদার্থ নহে। ইহা মৌলিক অক্সিজেনেরই ভিন্ন রূপ মাত্র। একই মৌলিক পদার্থের দুই বা ততোধিক ভিন্ন রূপে অবস্থিতিকে ঐ পদার্থের **বহুরূপতা** (allotropy) বলা হয়। এইরূপে ওজোন অক্সিজেনের রূপান্তর (allotrope) মাত্র। অনেক মৌলিক পদার্থেরই বহুরূপতা দেখা যায়। যেমন, হীরক ও গ্রাফাইট কার্বনেরই বিভিন্ন রূপ। বহুরূপতা কোনো ক্ষেত্রে অণুর মধ্যে পরমাণু-সংখ্যার তারতম্যের জন্য হয়, আবার কোনো কোনো ক্ষেত্রে স্ফটিক গঠনের (crystal structure) বিভিন্নতার জন্যও হয়। অক্সিজেন ও ওজোনের ক্ষেত্রে প্রথম কারণটি এবং গ্রাফাইট ও হীরকের ক্ষেত্রে দ্বিতীয় কারণটি প্রযোজ্য।

ওজোন প্রস্তুতি :

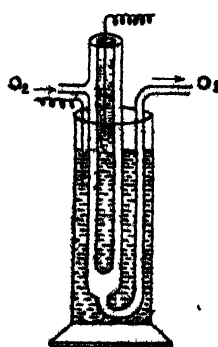
অক্সিজেনের মধ্যে নিঃশব্দ বিদ্যুৎক্ষরণ করিলে ওজোন উৎপন্ন হয় :

$$3O_2 = 2O_3$$

নিঃশব্দ বিদ্যুৎক্ষরণের জন্য সীমেন (Siemen) যে যন্ত্র ব্যবহার করিতেন তাহাকে 'সীমেনের ওজোনাইজার' (Siemen's Ozoniser) বলে।

সীমেন্সের ওজোনাইজার : এই যন্ত্রে একটি মোটা কাচনলের ভিতর আর একটি অপেক্ষাকৃত সরু কাচনল থাকে। বাহিরের নলটির বহিরাংশ ও ভিতরের নলটির ভিতরাংশ টিনের পাত দিয়া মোড়া থাকে। টিনের পাত দুইটির সহিত দুইটি স্ক্রুর সাহায্যে একটি 'আবেশ কুণ্ডলী'র (Induction coil) দুইটি প্রান্ত সংযুক্ত থাকে। দুইটি নলের অন্তর্বর্তী স্থান দিয়া অক্সিজেন

১৮নং চিত্র—সীমেন্সের ওজোনাইজার

গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। এই অবস্থায় আবেশ কুণ্ডলী হইতে বিদ্যুৎ পরিচালনা করিলে অক্সিজেনের মধ্যে নিঃশব্দ বিদ্যুৎস্ফুরণ হইতে থাকে এবং অক্সিজেন আংশিকভাবে ওজোনে পরিণত হয়। গ্যাস বাহির হইবার মুখে পটাসিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চের দ্রবণসিক্ত একটি কাগজ ধরিলে কাগজটি নীল হইয়া যাইবে। সাধারণ অক্সিজেন ইহা করিতে পারে না, ইহা ওজোনের অস্তিত্বেরই প্রমাণস্বচক।

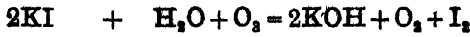
'ব্রডি'র ওজোনাইজার : একটি মোটা ও একটি সরু বাহুবিশিষ্ট একটি U-নলের মোটা বাহুটির মধ্যে আর একটি নল বসানো থাকে। ভিতরের নলটি লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে পূর্ণ করা হয় এবং U-নলটি লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ বীকারে বসানো হয়। ভিতরের নল ও বীকারের সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে নিমজ্জিত দুইটি প্লাটিনাম-তার আবেশ-কুণ্ডলীর দুইটি প্রান্তে সংযুক্ত করা হয়, এবং দুই নলের মধ্যবর্তী স্থান দিয়া অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। আবেশকুণ্ডলী হইতে অক্সিজেনের মধ্যে বিদ্যুৎক্ষরণের ফলে অক্সিজেনের কিছু অংশ ওজোনে রূপান্তরিত হয়।

১৯নং চিত্র—'ব্রডি'র ওজোনাইজার

ওজোনের ধর্ম :

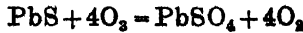
অবস্থাগত : ওজোন ঈষৎনীল, আঁশ-গন্ধ-যুক্ত গ্যাস। অতি অল্প মাত্রায় থাকিলেও গন্ধ হইতে ইহার অস্তিত্ব উপলব্ধি করা যায়। জলে ইহার দ্রাব্যতা অক্সিজেন অপেক্ষা বেশী।

রাসায়নিক :

(১) ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন বাহির করে।

$$2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + O_2 + I_2$$

পটাসিয়াম আয়োডাইড

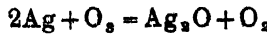
(২) লেড্ সাল্ফাইড (PbS)কে লেড্ সাল্ফেটে ($PbSO_4$) পরিণত করে।

$$PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$$

(৩) ইহার সংস্পর্শে সাল্ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) সাল্ফার ট্রাই-অক্সাইডে (SO_3) পরিণত হয়।

$$SO_2 + O_3 = SO_3 + O_2$$

সিল্ভার, মার্কারি প্রভৃতি ধাতু ওজোনের সংস্পর্শে অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Ag + O_3 = Ag_2O + O_2$$

$$Hg + O_3 = HgO + O_2$$

শেষোক্ত ক্রিয়ার জন্য ওজোনের সংস্পর্শে আসিলে মার্কারি কাচে লাগিয়া যায়।

অনেক উদ্ভিজ্জ রং ওজোন দ্বারা বিরঞ্জিত হয়।

ওজোনের পরীক্ষা : তীব্র গন্ধ ছাড়াও নিম্নলিখিত রাসায়নিক পরীক্ষা দ্বারা ওজোনের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায় :—

(১) ইহার সংস্পর্শে আসিলে পারদ কাচে লাগিয়া থাকে।

(২) স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড কাগজ ওজোনের সংস্পর্শে নীল হইয়া যায়।

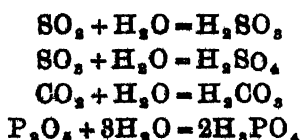
শোষক (Absorbent): তার্পিন তেল ও কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড ওজোনের ভাল শোষক।

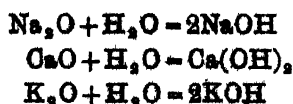
ব্যবহার: পানীয় জল জীবাণুমুক্ত করা ও ঘরের দূষিত বাতাস বিশুদ্ধ করার জন্য অনেক সময় ওজোন ব্যবহার করা হয়।

বিভিন্ন শ্রেণীর অক্সাইড:

অক্সিজেনের সহিত অন্য কোনো মৌলের যৌগিক পদার্থকে অক্সাইড বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম অক্সাইড (Na_2O), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ইত্যাদি। হিলিয়াম, নিয়ন প্রমুখ কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া অক্সিজেন প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে অন্য সকল মৌলের সহিত সংযুক্ত হইয়া অক্সাইড উৎপন্ন করে। রাসায়নিক প্রকৃতি অনুসারে এই সকল অক্সাইডকে কয়েকটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়; যথা—

(১) **অম্লজ বা আম্লিক অক্সাইড** (Acidic Oxide): কার্বন, সালফার প্রভৃতি অধাতব অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডে পরিণত হয় বলিয়া ইহাদিগকে অম্লজ অক্সাইড বলা হয়।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

(২) **ক্ষারজ বা ক্ষারকীয় অক্সাইড** (Basic Oxide): সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড জলে দিলে ক্ষার উৎপন্ন করে। সেইজন্য এই ধরনের অক্সাইডকে ক্ষারজ অক্সাইড বলা হয়।

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$
$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$
$$K_2O + H_2O = 2KOH$$

অন্যান্য অধিকাংশ ধাতুর অক্সাইড জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু তাহারা যে ক্ষার-গুণযুক্ত তাহা বুঝা যায় অ্যাসিডের সহিত তাহাদের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা। অ্যাসিড ও ক্ষার বিপরীত-গুণযুক্ত পদার্থ, এবং তাহারা পরস্পরকে প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে।

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

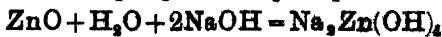
ধাতব পদার্থের অদ্রবণীয় অক্সাইডগুলিও অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া লবণ ও জলে পরিণত হয়।

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$
$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$$

সুতরাং এই সমস্ত অক্সাইডগুলিও ক্ষার-গুণযুক্ত, তাই ইহাদের ক্ষারকীয় অক্সাইড বলা হয়।

(৩) **প্রশম অক্সাইড** (Neutral Oxide) : জল, কার্বন মনোক্সাইড (CO), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রভৃতি অক্সাইডের অম্ল বা ক্ষার কোনো গুণই নাই। ইহাদিগকে প্রশম অক্সাইড বলে।

(৪) **উভধর্মী অক্সাইড** (Amphoteric Oxide) : জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে, আবার কস্টিক সোডার মত তীব্র ক্ষারেও দ্রবীভূত হয়। সেইজন্য ইহাদিগকে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়।

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$
$$ZnO + H_2O + 2NaOH = Na_2Zn(OH)_4$$

সোডিয়াম জিঙ্কেট

(৫) **পারক্সাইড** (Peroxide) : জল (H_2O) হাইড্রোজেনের অক্সাইড। কিন্তু অবস্থাবিশেষে হাইড্রোজেন পরমাণুদ্বয় দুইটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া একটি নূতন অক্সাইডের সৃষ্টি করে। ইহাকে হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) বলা হয়। কয়েকটি ধাতুও তাহাদের স্বাভাবিক ক্ষারকীয় অক্সাইড অপেক্ষা অধিক অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া এক নূতন শ্রেণীর অক্সাইডের সৃষ্টি করে। এই সমস্ত অক্সাইডের সহিত অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$
$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

এই সকল অক্সাইডকে পারক্সাইড বলা হয়। ইহারা উৎকর্ষ জারকগুণ-বিশিষ্ট।

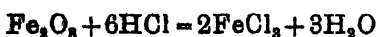
সাধারণ ক্ষারকীয় অক্সাইড অপেক্ষা অধিক পরিমাণে অক্সিজেন থাকিলেই কোনো অক্সাইড পারক্সাইড হয় না। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) লেড্ ডাই-অক্সাইড (PbO_2) প্রভৃতিতে অক্সিজেন বেশী আছে, কিন্তু তাহারা অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন পারক্সাইড দেয় না। সেইজন্য আসল পারক্সাইড হইতে স্বতন্ত্রতা বুঝাইবার জন্য ইহাদিগকে **পলি অক্সাইড** বা **ডাই-অক্সাইড** বলা হয়।

(৬) **মিশ্র বা যুগ্ম অক্সাইড** (Compound Oxide): কতকগুলি অক্সাইড আছে যাহাদের রাসায়নিক ক্রিয়া হইতে তাহাদিগকে দুইটি বিভিন্ন অক্সাইডের মিশ্রণ বলিয়া মনে হয়। যেমন, ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে (Fe_3O_4) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে তাহা হইতে ফেরাস্ ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এবং ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) উৎপন্ন হয়। ইহা হইতে মনে হয়, ফেরোসোফেরিক অক্সাইডটি ফেরাস্ এবং ফেরিক অক্সাইডের সমন্বয়ে গঠিত।

$$Fe_3O_4 = FeO + Fe_2O_3$$

$$FeO + 2HCl = FeCl_2 + H_2O$$

$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$$

$$\overline{Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O}$$

Exercises

1. Who first discovered Oxygen? [অক্সিজেন কে প্রথম আবিষ্কার করিয়াছিলেন?]

2. What is combustion? Who first realised the real significance of combustion? Give an example of a combustion in the absence of oxygen. [দহন কাহাকে বলে? দহনের প্রকৃত তাৎপর্য কে প্রথম হৃদয়ঙ্গম করেন? অক্সিজেন ব্যতীরেকে দহনের একটি উদাহরণ দাও।]

3. How will you prepare oxygen in the laboratory? What is a catalyst? [ল্যাবরেটরিতে কিরূপে অক্সিজেন প্রস্তুত করিবে? প্রভাবক কাহাকে বলে?]

4. Indicate, with the help of equations, how oxygen can be obtained from the following substances. [নিম্নলিখিত পদার্থগুলি হইতে কিরূপে অক্সিজেন পাওয়া যাইবে, সমীকরণের সাহায্যে নির্দেশ কর।]

(a) HgO ; (b) Ag_2O ; (c) Pb_3O_4 ; (d) MnO_2 ; (e) KNO_3 ; (f) Na_2O_2.

[উত্তর : (a) $2HgO = 2Hg + O_2$

(b) $2Ag_2O = 2Ag + O_2$

(c) $2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2$

(d) $3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$

(e) $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$

(f) $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$]

5. How is ozone prepared from oxygen ? Why is ozone called an allotrope of oxygen ? Give three tests that distinguish ozone from oxygen. [অক্সিজেন হইতে কিরূপে ওজোন তৈরী হয় ? ওজোনকে অক্সিজেনের রূপান্তর (allotrope) বলা হয় কেন ? তিনটি পরীক্ষার সাহায্যে অক্সিজেন ও ওজোনের প্রভেদ নির্দেশ কর।]

6. How many types of oxides are there ? To what classes do the following oxides belong ?— [অক্সাইড কয়প্রকার ? নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলি কোন্ কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত ?—(a) MgO ; (b) CaO ; (c) CO_2 ; (d) MnO_2 ; (e) P_2O_5.

7. Indicate with the help of equations the action of ozone on the following substances :—[নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত ওজোনের রাসায়নিক ক্রিয়া সমীকরণের সাহায্যে নির্দেশ কর :—]

(a) H_2O_2 ; (b) PbS ; (c) KI.

অষ্টম অধ্যায়

পরমাণু-গঠনতত্ত্বের ভূমিকা

ডাল্টনের পরমাণুতত্ত্ব হইতে আমরা বুঝিয়াছি যে, রাসায়নিক ক্রিয়া পরমাণুর পুনর্বিন্যাসের ফলে নূতন অণুর গঠন মাত্র। কিন্তু কোনো একটি পদার্থ 'A' অপর একটি পদার্থ 'B'র সহিত সংযুক্ত হয়, অথচ তৃতীয় একটি

পদার্থ 'O'র সহিত সংযুক্ত হয় না—ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ তাহার কোনো সদুত্তর দিতে পারে না। এইরূপ প্রশ্নের উত্তর পাইতে হইলে আমাদের পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে কিছু জানা প্রয়োজন। আধুনিক বৈজ্ঞানিকগণ নানা পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করিয়াছেন যে, পরমাণু ডাল্‌টন-কল্পিত নিরেট বলের মত নয়; বৈদ্যুতিক গুণসম্পন্ন কয়েকটি কণা লইয়া ইহা গঠিত। এই কণাগুলি হইল,—

প্রোটন—পরাবিদ্যুৎসমন্বিত, ইহার ভার হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত সমান।

ইলেকট্রন—অপরাবিদ্যুৎসমন্বিত, ইহার ভার প্রোটনভারের প্রায় $\frac{1}{1840}$ ভাগ।

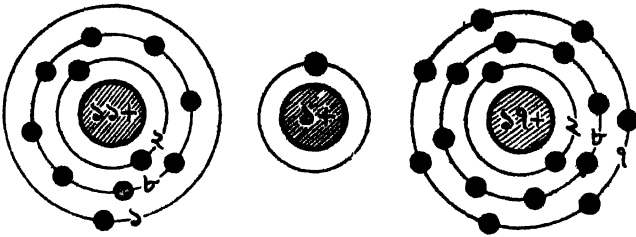
নিউট্রন—বৈদ্যুতিক গুণরহিত, ভার প্রোটনের সমান।

পরমাণুর মধ্যে এই কণিকাগুলির ব্যবস্থা কতকটা সৌরজগৎ-এর মত। সৌরজগৎ-এ যেমন সূর্যকে কেন্দ্র করিয়া বিভিন্ন গ্রহ-উপগ্রহগুলি আপন আপন কক্ষপথে (orbit) বিচরণ করিতেছে, পরমাণুর মধ্যে আছে সেইরূপ একটি **কেন্দ্র**। প্রোটন ও নিউট্রন লইয়া এই কেন্দ্র গঠিত। হাইড্রোজেন পরমাণুর কেন্দ্র কিন্তু কেবলমাত্র একটি প্রোটন লইয়া গঠিত। অপরাবিদ্যুতান্বিত ইলেকট্রন কণিকাগুলি গ্রহ-উপগ্রহের ন্যায় এই কেন্দ্রের চারিপাশে ঘুরিতেছে। পরমাণুগুলির কোনো বিশেষ বিদ্যুৎ-মাত্রা (electrical charge) নাই, অতএব একটি পরমাণুতে পরাবিদ্যুৎবাহী প্রোটন ও অপরাবিদ্যুৎবাহী ইলেকট্রনের সংখ্যা নিশ্চয়ই সমান। হাইড্রোজেন পরমাণুতে আছে কেন্দ্রে একটি প্রোটন এবং তাহার চতুষ্পার্শ্বে ঘূর্ণায়মান একটি ইলেকট্রন। হিলিয়াম (He) পরমাণুতে আছে দুইটি প্রোটন, দুইটি ইলেকট্রন ও দুইটি নিউট্রন। দুইটি প্রোটন ও দুইটি নিউট্রনের জন্য ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 4। কোনো পরমাণুতে ইলেকট্রন বা প্রোটনের সংখ্যা যত, তাহাকে উহার **পরমাণু ক্রমাঙ্ক** বলা হয়। ইহা কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রার সহিত সমান। পরবর্তী পৃষ্ঠায় কয়েকটি পরমাণুর গঠন দেওয়া হইল।

পরমাণু ক্রমাঙ্ক জানা থাকিলে তোমরাও পরমাণুগঠনের চিত্ররূপ

প্রস্তুত করিতে পারিবে। তবে এ সম্বন্ধে কয়েকটি নিয়ম মনে রাখিতে হইবে।

(১) পরমাণু ক্রমাঙ্ক যত, প্রোটন ও ইলেকট্রনের সংখ্যা তত।

(২) পারমাণবিক গুরুত্ব হইতে পরমাণু ক্রমাঙ্ক বিয়োগ দিলে নিউট্রনের সংখ্যা পাওয়া যায়।

২০নং চিত্র—সোডিয়াম পরমাণু হাইড্রোজেন পরমাণু ক্লোরিন পরমাণু

(৩) ইলেকট্রনগুলি সব একই কক্ষপথে ঘোরে না, এক একটি কক্ষপথে ইলেকট্রনের ঊর্ধ্বতম সংখ্যা নির্দিষ্ট থাকে। যথা,

প্রথম কক্ষে—2 ; দ্বিতীয় কক্ষে—8

তৃতীয় কক্ষে—8 (পরে 18) ইত্যাদি।

উদাহরণস্বরূপ—ধর, ম্যাগ্‌নেসিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস বাহির করিতে হইবে। ম্যাগ্‌নেসিয়ামের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 12 এবং ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 24।

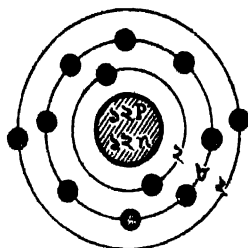
অতএব, ইলেকট্রন সংখ্যা = 12

প্রোটন সংখ্যা = 12

এবং নিউট্রন সংখ্যা 24 − 12 = 12

12 ইলেকট্রন, প্রথম কক্ষে 2, দ্বিতীয় কক্ষে 8 ও তৃতীয় কক্ষে 2—এইভাবে লওয়া যায়। সুতরাং ম্যাগ্‌নেসিয়াম পরমাণুর চিত্ররূপ পরবর্তী পৃষ্ঠার চিত্রানুযায়ী হইবে।

অবস্থাবিশেষে পরমাণুগুলির মধ্যে ইলেকট্রনের আদানপ্রদান হয়, এবং

এই আদানপ্রদানের জন্যই রাসায়নিক ক্রিয়া হয়। সাধারণত বাহ্যতম কক্ষের ইলেকট্রনগুলি এই আদানপ্রদানে অংশ গ্রহণ করে। সেইজন্য এই কক্ষে ইলেকট্রনের সংখ্যা ইত্যাদি রাসায়নিকের পক্ষে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। পরমাণুর মধ্যে একটি বা দুইটি অতিরিক্ত ইলেকট্রনের সমাবেশ

২১নং চিত্র—ম্যাগ্‌নেসিযাম পরমাণু

হইলে ইহা অপরাবিদ্যুতায়িত হয়, এবং ইলেকট্রন ছাড়িয়া দিলে ইহা পরাবিদ্যুতায়িত হয়। **বিদ্যুতায়িত পরমাণুকে 'আয়ন'** (Ion) বলে।

লিথিয়াম (Li) পরমাণু যদি ফ্লুওরিন পরমাণুর সংস্পর্শে আসে তবে লিথিয়াম হইতে একটি ইলেকট্রন গিয়া ফ্লুওরিনের বাহ্যতম কক্ষে প্রবেশ করে। ফলে লিথিয়াম পরমাণু এক পরাবিদ্যুতায়িত আয়নে (Li^+) এবং ফ্লুওরিন পরমাণু এক অপরাবিদ্যুতায়িত আয়নে (F^-) পরিণত হয়। আমরা সকলেই জানি যে, পরা এবং অপরা বিদ্যুৎ পরস্পরকে আকর্ষণ করে। সুতরাং Li^+ এবং F^-ও পরস্পরকে আকর্ষণ করিয়া নিকটে ধরিয়া রাখে। অনেক রাসায়নিক পরিবর্তনই এইভাবে হইয়া থাকে। সাধারণত যে সমস্ত পদার্থকে আমরা ধাতু বলি, তাহারা ইলেকট্রন ছাড়িয়া দিতে এবং অধাতুগুলি ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে ব্যগ্র হয়। উপরের উদাহরণে লিথিয়াম একটি ধাতু এবং ক্লোরিন অধাতু। কোন্ পরমাণু কয়টি ইলেকট্রন ছাড়িবে বা গ্রহণ করিবে, তাহা নির্ভর করে উহার যোজ্যতার উপর।

নবম অধ্যায়

হাইড্রোজেন

আণবিক সংকেত H_2, পারমাণবিক গুরুত্ব = 1·008,

পরমাণু ক্রমাঙ্ক = 1

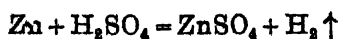
হাইড্রোজেনকে আমরা জলের অন্যতম উপাদান হিসাবে দেখিয়াছি। 1766 খৃস্টাব্দে ক্যাভেণ্ডিস লোহের উপব লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা এই গ্যাস প্রস্তুত করেন এবং ইহার গুণাগুণ পরীক্ষা করেন। ক্যাভেণ্ডিসই প্রথম ইহাকে জলের অন্যতম উপাদান হিসাবে প্রমাণ করেন এবং এইজন্য লাভোয়াসিয়ে ইহার নামকরণ করেন হাইড্রোজেন বা উদজান (Hydro = উদক = জল ; Geno = জনক)। ক্যাভেণ্ডিসের পূর্বে ষোড়শ শতাব্দীতে ফন্ হেল্‌মণ্ট ও রবার্ট বয়েলও এই গ্যাস প্রস্তুত করিয়াছিলেন, কিন্তু এ সম্বন্ধে তাঁহারা আর বিশেষ কোনো পরীক্ষা করেন নাই।

আগ্নেয়গিরি অথবা পেট্রোলিয়ামখনি-নির্গত গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেনগ্যাস মুক্তাবস্থায় পাওয়া যায়। অন্য পদার্থের সহিত যুক্তাবস্থায় ইহা তেল, ঘি, কাঠ, চিনি, পেট্রোল, জল প্রভৃতি নানা পদার্থের মধ্যে বিদ্যমান।

রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

টুকরা টুকরা জিঙ্কের (দস্তা) উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারাই সাধারণত রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন, সালফার ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ; ইহার আণবিক সংকেত H_2SO_4, এবং ইহা একটি অ্যাসিড বা অম্লজাতীয় পদার্থ। অম্লজাতীয় পদার্থ সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা পরে করা যাইবে, তবে ইহাদের সম্বন্ধে এইটুকু জানিয়া রাখা ভাল যে অম্লজাতীয় পদার্থ মাত্রেই

হাইড্রোজেন থাকে, এবং অনেক ধাতু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণ অথবা আংশিকভাবে বিতাড়িত করিয়া তাহার স্থান অধিকার করিতে সক্ষম।

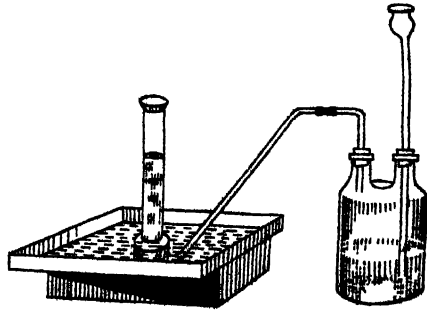
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$$

জিঙ্ক সাল্‌ফেট

এইরূপে কোনো ধাতু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন বিতাড়িত করিয়া তাহার স্থান অধিকার করিলে যে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়, তাহাকে উক্ত অ্যাসিডের **লবণ** বলা হয়। জিঙ্ক সাল্‌ফেট সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের জিঙ্ক লবণ। আমরা যে সাধারণ লবণ (NaCl) ব্যবহার করি তাহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ।

পদ্ধতি : একটি উল্‌ফ বোতলে কিছু দস্তার টুকরা লইয়া তাহার দুইটি মুখের একটিতে একটি থিসিল-ফানেল ও অপরটিতে একটি নির্গম-নল ছিপির সাহায্যে আটকাইয়া দেওয়া হয়।

নির্গম-নলের বহিঃপ্রান্ত জলপূর্ণ একটি গ্যাস-দ্রোণীর জলের নীচে থাকে। প্রথমে দীর্ঘ-নাল ফানেলের মধ্য দিয়া কিছু জল দেওয়া হয় যেন ফানেলের নলের নিম্নপ্রান্ত জলে ডুবিয়া যায়। সম্পূর্ণ ব্যবস্থাটি যাহাতে বায়ুরোধী হয় সেদিকে দৃষ্টি রাখিতে হইবে; কারণ, কোনো ছিদ্রপথে বায়ু প্রবেশ করিলে হাইড্রোজেন ও বায়ুর মিশ্রণ হয় এবং এই মিশ্রণ কোনোরূপ অগ্নিশিখার সংস্পর্শে আসিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হইতে পারে। সুতরাং এই বিষয়ে বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা উচিত। ব্যবস্থাটি সম্পূর্ণ বায়ুরোধী হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা করিতে হইলে নির্গম নলের প্রান্তে মুখ দিয়া ফুঁ দেওয়া হয়। ইহার ফলে থিসিল-নলের মধ্যে কিছুটা জল উঠিবে। তখন নির্গম-নলের প্রান্তভাগ অঙ্গুলি দ্বারা চাপিয়া ধরিলে যদি নল হইতে জল নামিয়া না যায়, তবে বুঝিতে হইবে যে ব্যবস্থাটি বায়ুরোধী হইয়াছে।

এখন থিসিল-ফানেল দিয়া মধ্যম-লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দিলে জিঙ্কের সহিত তৎক্ষণাৎ রাসায়নিক ক্রিয়া শুরু হইবে এবং নির্গম-

নলের প্রান্ত হইতে জলের মধ্যে বুদ্‌বুদের আকারে হাইড্রোজেন গ্যাস উঠিতে থাকিবে। দুই এক মিনিট এইভাবে যাইতে দিলে উল্‌ফ বোতলের অভ্যন্তরস্থ বায়ু সম্পূর্ণ বিতাড়িত হইবে, এবং বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন আসিতে থাকিবে। বোতলাভ্যন্তরস্থ বায়ু সম্পূর্ণ দূরীভূত হইয়াছে কিনা জানিবার জন্য নির্গম-নলের উপর একটি জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল উপুড় করিয়া গ্যাস-ভর্তি করা হয়। তারপর পরীক্ষানলটি বাহিরে আনিয়া অগ্নিশিখার নিকট উপুড় করিয়া ধরিলে যদি গ্যাসটি নিঃশব্দে পুড়িতে থাকে তবে বায়ু দূরীভূত হইয়াছে বুঝিতে হইবে, আর যদি মৃদু বিস্ফোরণ হয় তবে বুঝিতে হইবে যে ইহার মধ্যে তখনও কিছু বায়ু আছে। এইরূপে, যখন বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস আসিতে থাকে, তখন একটি জলপূর্ণ গ্যাস-জার নির্গমনলের মুখে উপুড় করিয়া দেওয়া হয়। জল অপসারিত করিয়া জারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস সঞ্চিত হয়। গ্যাস-পূর্ণ হইলে জারের মুখ ঢাকনী দ্বারা বন্ধ করিয়া সাবধানে বাহিরে আনা হয়। এইরূপে পর পর কয়েকটি জার হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়।

২২নং চিত্র—হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

হাইড্রোজেনের ধর্ম:

অবস্থাগত ধর্ম: হাইড্রোজেন বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস, জলে ইহার দ্রাব্যতা নাই বলিলেও চলে। হাইড্রোজেন অন্য সমস্ত গ্যাস অপেক্ষা হালকা। সমায়তনের বাতাস হাইড্রোজেন অপেক্ষা প্রায় 14.4 গুণ ভারী। হাইড্রোজেন যে বাতাস অপেক্ষা হালকা তাহা সহজেই [illegible] করিয়া দেখা যায়।

পরীক্ষা (১)—একটি খালি (বায়ুপূর্ণ) গ্যাস-জার হাইড্রোজেনপূর্ণ অপর একটি জারের উপর উপুড় করিয়া দাও এবং ঢাকনীটি সরাইয়া লও। কিছুক্ষণ এইরূপে রাখিবার পর উপরের জারের মুখে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরিলে দেখিবে যে, জারের মুখে গ্যাসটি জ্বলিতেছে। অর্থাৎ হালকা হওয়ার জন্য নীচের জার হইতে হাইড্রোজেন উপরের জারে চলিয়া গিয়াছে।

২৩নং চিত্র—হাইড্রোজেন বাতাস অপেক্ষা হালকা

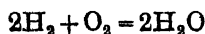
পরীক্ষা (২)—একটি ছোট রবারের বেলুনকে হাইড্রোজেন গ্যাস-পূর্ণ করিয়া ছাড়িয়া দিলে দেখিবে যে উহা উপরে উঠিয়া গেল।

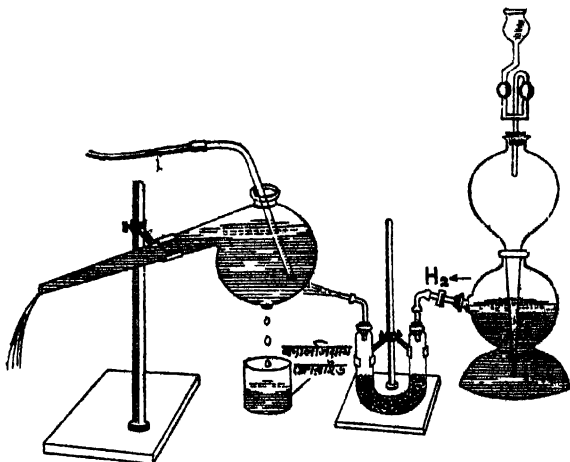
রাসায়নিক ধর্ম:

(১) হাইড্রোজেন নিজে দাহ্য, কিন্তু অন্যের দহনে সহায়তা করে না।

পরীক্ষা: হাইড্রোজেনপূর্ণ একটি জার উপুড় করিয়া ধরিয়া তাহার মুখে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ধর। কাঠিটি নিভিয়া যাইবে, কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিতে থাকিবে।

(২) হাইড্রোজেন বাতাসে পুড়িয়া জল উৎপন্ন করে।

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

পরীক্ষা: একটি ক্যাল্সিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিয়া ঐ নলের শেষ প্রান্তে অগ্নিসংযোগ করিলে গ্যাসটি জ্বলিতে থাকিবে। শিখাটি একটি ঠাণ্ডা বকযন্ত্রের গায়ে ধর। দেখিবে, উহার গায়ে বিন্দু বিন্দু করিয়া জল জমা হইতেছে। ইচ্ছা করিলে নীচে একটি বীকার রাখিয়া ঐ জল সংগ্রহ করা যায়। ক্যাল্সিয়াম ক্লোরাইড জল শোষণ করে, সুতরাং তাহার মধ্য দিয়া আসিবার ফলে হাইড্রোজেনে

যাহা কিছু জল ছিল তাহা শোষিত হইয়া গিয়াছে, অতএব এই জল সম্পূর্ণ-ভাবেই হাইড্রোজেন দহনের ফলে উৎপন্ন।

২৪নং চিত্র—হাইড্রোজেন দহনের ফলে জলের উৎপত্তি

(৩) হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিশ্রণ অতিশয় বিস্ফোরণশীল।

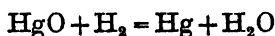
পরীক্ষা: একটি সোডার বোতলের $\frac{1}{3}$ ভাগ অক্সিজেন এবং $\frac{2}{3}$ ভাগ হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ কর। বোতলটি একটি তোয়ালে দ্বারা আবৃত করিয়া উহার মুখে অগ্নিসংযোগ করিলে তৎক্ষণাৎ এক প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হইবে।

(৪) অক্সিজেনের প্রতি হাইড্রোজেনের বিশেষ আসক্তির জন্য অনেক যৌগিক পদার্থের মধ্য হইতে অক্সিজেন টানিয়া লইয়া ইহা জলে পরিণত হয়।

পরীক্ষা: উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে দেখা যাইবে যে, কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লাল কপারে পরিণত হইয়াছে, এবং নির্গমনলের গাত্রে জলবিন্দু সঞ্চিত হইয়াছে।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

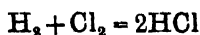
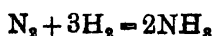
অন্যান্য আরও ধাতব অক্সাইডও হাইড্রোজেন দ্বারা ধাতুতে পরিণত হয়।

$$PbO + H_2 = Pb + H_2O$$
$$HgO + H_2 = Hg + H_2O$$

কোনো যৌগিক পদার্থ হইতে এইরূপে অক্সিজেন অপসারণকে **বিজারণ** (Reduction) বলা হয়। এ স্থলে হাইড্রোজেন বিজারক, এবং ধাতব অক্সাইডগুলি বিজারিত হইয়াছে,—এইরূপ বুঝিতে হইবে।

(৫) ক্লোরিন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি সাক্ষাৎভাবে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

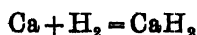
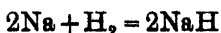
(হাইড্রোজেন ক্লোরাইড)

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

(অ্যামোনিয়া)

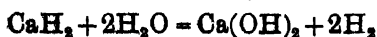
(৬) লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যাল্‌সিয়াম প্রভৃতি ধাতু হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ধাতব হাইড্রাইডে পরিণত হয়।

$$Ca + H_2 = CaH_2$$

(ক্যাল্‌সিয়াম হাইড্রাইড)

$$2Na + H_2 = 2NaH$$

(সোডিয়াম হাইড্রাইড)

ধাতব হাইড্রাইডগুলি জলে দিলে পুনরায় হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$$

পরীক্ষা: একটি পরীক্ষা-নলে লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড-যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ লইয়া তাহার মধ্যদিয়া কিপ্‌-যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত কর। বহুক্ষণ পরিচালনার পরেও [illegible] কোনো পরিবর্তন দেখা যাইবে না। অপর একটি পরীক্ষা-নলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্যে কয়েক টুকরা জিঙ্ক ও একটু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দাও। দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে এবং

অল্পক্ষণের মধ্যেই দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যাইবে। দ্রবণের মধ্যে সদ্যোজাত বা **জায়মান হাইড্রোজেন** (Nascent hydrogen) কর্তৃক পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হওয়ার জন্যই উহা বর্ণহীন হয়। কিন্তু কিপ্ যন্ত্র হইতে নির্গত হাইড্রোজেন গ্যাস এই পরিবর্তন সাধনে অক্ষম। এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে, জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়।

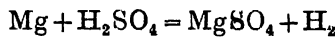
পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পরিবর্তে ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) অথবা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণ লইয়াও অনুরূপ পরীক্ষা করা যাইতে পারে।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি—(১) অ্যাসিড হইতে :

রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির জন্য জিঙ্ক ও লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড সাধারণত ব্যবহৃত হইলেও অন্যান্য অনেক ধাতু, যেমন—আয়রন্, ম্যাগ্‌নেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতিও জিঙ্কের পরিবর্তে ব্যবহার করা যায়। ইহাদের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়াও প্রায় একই ধরনের হইয়া থাকে।

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

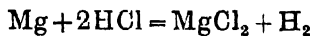
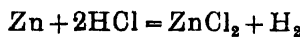
(ম্যাগ্‌নেসিয়াম সাল্‌ফেট)

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

(ফেরাস্ সাল্‌ফেট)

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও লওয়া যাইতে পারে।

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

(ম্যাগ্‌নেসিয়াম ক্লোরাইড)

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

(জিঙ্ক ক্লোরাইড)

(২) ঠাণ্ডা জল :

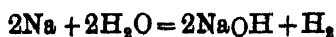
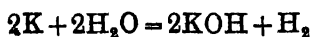
সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যাল্‌সিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত কেবলমাত্র ঠাণ্ডা জলের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারাই হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

(সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$$

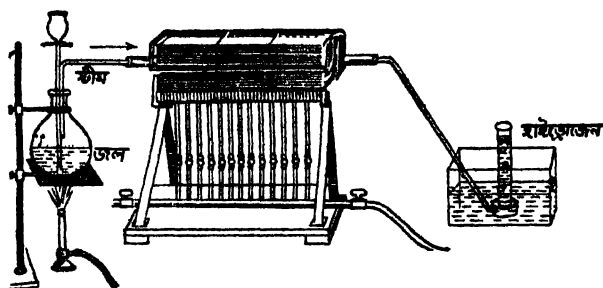
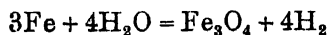
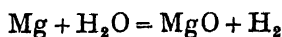
(পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$

(ক্যাল্‌সিয়াম হাইড্রক্সাইড)

(৩) স্টীম ঃ

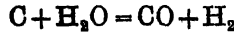
(১) আয়রন্, ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতুর ক্রিয়াশীলতা অপেক্ষাকৃত কম বলিয়া তাহারা ঠাণ্ডা জলের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না, কিন্তু উত্তপ্ত ধাতুব উপর স্টীম প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় (চিত্র দেখ)।

$$Mg + H_2O = MgO + H_2$$

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

২৫নং চিত্র—জলীয় বাষ্প হইতে হাইড্রোজেন

পরীক্ষা ঃ একটি শক্ত কাচের মোটা নলে কিছু লোহচূর্ণ লইয়া নলটি চুল্লীর উপর রাখিয়া উত্তপ্ত কব, যাহাতে ভিতরের লোহচূর্ণগুলিও লোহিত-তপ্ত হয়। এই অবস্থায় চূর্ণগুলির উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত কর। নলের অপর প্রান্তস্থিত নির্গম-নল দিয়া গ্যাস বাহির হইবে। জল-অপসারণ দ্বারা গ্যাসটি সংগ্রহ করিলে দেখিবে ইহা হাইড্রোজেন ।

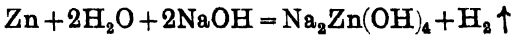
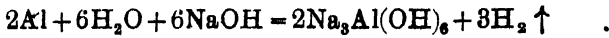
ধাতুর পরিবর্তে লোহিত-তপ্ত অঙ্গার (কার্বন) ব্যবহার করিলেও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

ইহার ফলে উৎপন্ন গ্যাসটিকে 'ওয়াটার গ্যাস' (water gas) বলা হয়। ইহা কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ এবং জ্বালানী গ্যাস হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

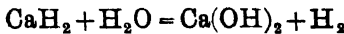
(৪) **ক্ষার ঃ** জিঙ্ক বা অ্যালুমিনিয়ামের টুকরা কস্টিক সোডা (NaOH) বা কস্টিক পটাসের (KOH) মত তীব্র ক্ষারের জলীয় দ্রবণে ফুটাইলে তাহা হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$Zn + 2H_2O + 2NaOH = Na_2Zn(OH)_4 + H_2 \uparrow$$

(সোডিয়াম হাইড্রক্সিল জিঙ্কেট)

$$2Al + 6H_2O + 6NaOH = 2Na_3Al(OH)_6 + 3H_2 \uparrow$$

(সোডিয়াম হাইড্রক্সিল অ্যালুমিনেট)

(৫) **ধাতব হাইড্রাইড** জলে দিলে ইহা হইতে হাইড্রোজেন বাহির হয়। এই উদ্দেশ্যে 'হাইড্রোলিথ' (Hydrolith) নামে পরিচিত ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড সাধারণত ব্যবহৃত হয়।

$$CaH_2 + H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$

**উপরে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির যে সকল পদ্ধতি বর্ণিত হইয়াছে, তাহাতে জল, অ্যাসিড বা ক্ষার হইতে ধাতু কর্তৃক সম্পূর্ণ অথবা আংশিকভাবে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। সুতরাং এই রাসায়নিক ক্রিয়াগুলি প্রতিস্থাপনক্রিয়ার (Displacement reaction) অন্তর্ভুক্ত। হাইড্রোজেন ও ধাতুর মধ্যে ইলেকট্রন আদানপ্রদানের ফলেই এই রাসায়নিক ক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয়।

[illegible]য়িত পরমাণু বা আয়নের কথা আমরা পূর্বে বলিয়াছি। জলের মধ্যে [illegible] কিছুপরিমাণ ভাঙ্গিয়া দুইটি আয়নে পরিণত হয়। একটি পরাবিদ্যুতায়িত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এবং অন্যটি অপরাবিদ্যুতায়িত হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-);

$$H_2O = H^+ + OH^-.$$

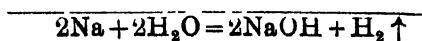
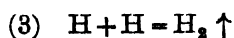
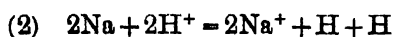
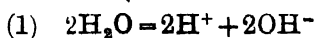
অর্থাৎ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে একটি ইলেকট্রন গিয়া OH অংশে আশ্রয় লয়। ফলে হাইড্রোজেনটি পরাবিদ্যুতান্বিত এবং হাইড্রক্সিলটি অপরাবিদ্যুতান্বিত হয়। খুব বেশী অণু যে এইভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা নহে, বরং মোট অণুর এক অতি ক্ষুদ্র অংশই (প্রতি 55 কোটি অণুতে একটি) এই পরিবর্তনে অংশ গ্রহণ করে। হাইড্রোজেন আয়নগুলির সংখ্যা অল্প হইলেও তাহারা রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, এবং রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে যে হাইড্রোজেন আয়নগুলি অপসারিত হয়, নূতন নূতন অণু ভাঙ্গিয়া নূতন হাইড্রোজেন আসিয়া তাহাদের স্থান অধিকার করে।

অনেক ধাতু আছে, যাহাদের পরমাণু হাইড্রোজেন আয়নের সংস্পর্শে আসিলে হাইড্রোজেন আয়ন তাহাদের নিকট হইতে ইলেকট্রন টানিয়া লইয়া নিজের ইলেকট্রন-অভাব পূর্ণ করে। যেমন, সোডিয়াম ধাতু জলে দিলে ইহার পরমাণু হইতে ইলেকট্রন গিয়া হাইড্রোজেন আয়নে আশ্রয় লয়। তখন হাইড্রোজেন আয়ন হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। দুইটি পরমাণু মিলিয়া হাইড্রোজেন অণু হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয়। গ্যাসটি তখন বুদ্‌বুদের আকারে উঠিতে থাকে।

(1) $2H_2O = 2H^+ + 2OH^-$

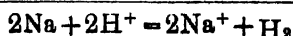
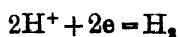
(2) $2Na + 2H^+ = 2Na^+ + H + H$

(3) $H + H = H_2 \uparrow$

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2 \uparrow$$

রাসায়নিক ক্রিয়াটি মূলত সোডিয়ামের প্রতিটি পরমাণু হইতে একটি ইলেকট্রনের হাইড্রোজেন আয়নে স্থানান্তর।

$$2Na - 2e = 2Na^+$$

$$2H^+ + 2e = H_2$$

$$2Na + 2H^+ = 2Na^+ + H_2$$

হাইড্রক্সিল আয়নের কোনো পরিবর্তন হয় না বলিয়া ইহাকে সমীকরণের ভুক্ত করা হয় নাই।

আমরা দেখিয়াছি যে সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতু কেবলমাত্র ঠাণ্ডা জলের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। জিঙ্ক, আয়রন্ বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম প্রভৃতি লঘু অ্যাসিডে দিলে তবে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়; আবার কপার কিংবা মার্‌কারি, জল বা অ্যাসিড কিছুতেই হাইড্রোজেন দেয় না।

সুতরাং, ধাতুগুলিকে আমরা দুইভাগে ভাগ করিতে পারি। প্রথম ভাগে থাকিবে সেই সমস্ত ধাতু, যাহারা জল বা অ্যাসিডে হাইড্রোজেন দেয়; এবং দ্বিতীয় ভাগে থাকিবে যাহারা হাইড্রোজেন দেয় না। পূর্বের আলোচনা হইতে বোধ হয় বুঝিতে পারিয়াছ যে, হাইড্রোজেন বাহির হওয়ার মূলে আছে হাইড্রোজেন আয়ন কর্তৃক ধাতু-পরমাণু হইতে ইলেকট্রন লাভ। যদি হাইড্রোজেন আয়নের ইলেকট্রন-আসক্তি বেশী হয়, তবেই হাইড্রোজেন বাহির হইবে, আর যদি কম হয় তবে গ্যাস পাওয়া যাইবে না। ধাতু-সমূহকে তাহাদের আপেক্ষিক ইলেকট্রন-আসক্তি অনুসারে সাজাইলে যে তালিকা প্রস্তুত হয়, তাহাকে তাড়িদ্‌-রাসায়নিক পর্যায় (Electro-chemical series) বলে। কতকগুলি প্রচলিত সাধারণ ধাতুকে নিম্নে এইভাবে সাজাইয়া দেওয়া হইল।

তাড়িদ্‌-রাসায়নিক পর্যায়

পটাসিয়াম (K)	টিন (Sn)
সোডিয়াম (Na)	লেড্ (Pb)
ক্যাল্‌সিয়াম (Ca)	হাইড্রোজেন (H_2)
ম্যাগ্‌নেসিয়াম (Mg)	অ্যান্টিমনি (Sb)
অ্যালুমিনিয়াম (Al)	বিস্‌মাথ (Bi)
ম্যাঙ্গানীজ (Mn)	কপার (Cu)
জিঙ্ক (Zn)	মার্‌কারি (Hg)
ক্রোমিয়াম (Cr)	সিল্‌ভার (Ag)
আয়রন্ (Fe)	প্লাটিনাম (Pt)
নিকেল (Ni)	গোল্ড (Au)

(১) এই তালিকায় যত নীচের দিকে যাওয়া যায়, মৌলের ক্রিয়াশীলতা ততই কম হয়। অর্থাৎ পটাসিয়াম সর্বাপেক্ষা সক্রিয়, সোডিয়াম তাহার অপেক্ষা কম।

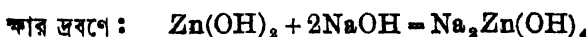
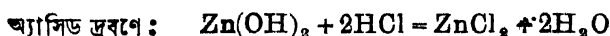
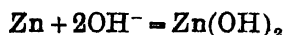
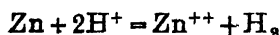
(২) হাইড্রোজেনের উপরে যত ধাতু, তাহাদের ইলেকট্রন-আসক্তি হাইড্রোজেন অপেক্ষা কম। সেইজন্য জল বা অ্যাসিড হইতে এই সকল ধাতু হাইড্রোজেন দেয়। হাইড্রোজেনের নীচে কোনো ধাতু জল বা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন দেয় না।

উপরের আলোচনা হইতে মনে হইতে পারে যে জলের মধ্যে হাইড্রোজেন আয়ন আছে, অথচ জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতু শুধু জলের সহিত হাইড্রোজেন দেয় না কেন! জিঙ্ক্ জলে দিলে জলে যে স্বল্প পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন থাকে তাহার সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ধাতুর উপর জলে অদ্রবণীয় জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের একটি আস্তরণ পড়ে, এবং ইহার ফলে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এবং জিঙ্ক অ্যাটম আর পরস্পরের সান্নিধ্যে আসিতে পারে না। অ্যাসিড দিলে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের আস্তরণটি দ্রবীভূত হয়, এবং H^+ ও Zn-এর মধ্যে পুনরায় রাসায়নিক ক্রিয়া চলিতে থাকে। সুতরাং উপরের তালিকায় হাইড্রোজেনের উপরিস্থিত যে সমস্ত ধাতুর হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবণীয় তাহারা শুধু জল হইতে হাইড্রোজেন দেয়, এবং যাহাদের হাইড্রক্সাইড অ্যাসিডে দ্রবণীয় তাহারা অ্যাসিড-মাধ্যমে হাইড্রোজেন দেয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবণীয়; এবং জিঙ্ক, আয়রন্ প্রভৃতির হাইড্রক্সাইড জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যাসিডে দ্রবণীয়। অ্যালুমিনিয়াম ও জিঙ্কের হাইড্রক্সাইড অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়েই দ্রবণীয় বলিয়া তাহারা অ্যাসিড এবং ক্ষার উভয় মাধ্যমেই হাইড্রোজেন দেয়।

$$Zn + 2H^+ = Zn^{++} + H_2$$

$$Zn + 2OH^- = Zn(OH)_2$$

অ্যাসিড দ্রবণে: $Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$

ক্ষার দ্রবণে: $Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2Zn(OH)_4$

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন : জিঙ্ক ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত অন্যান্য নানা গ্যাস মিশ্রিত থাকে। জিঙ্কের পরিবর্তে ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে মোটামুটি বিশুদ্ধ অবস্থায় হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। এই হাইড্রোজেন গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যদিয়া প্রবাহিত করিয়া মার্‌কারির উপর সংগ্রহ করিতে হয়। গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া ইহাকে শুষ্ক করিয়া দেয়।

শোষক : প্যালাডিয়াম (Pd) ধাতুচূর্ণ প্রচুর পরিমাণে হাইড্রোজেন শোষণ করে। উত্তপ্ত করিলে ইহা হইতে পুনরায় হাইড্রোজেন বাহির হয়। কোনো ধাতু দ্বারা এইরূপ গ্যাস-শোষণকে **অন্তর্ধৃতি** (Occlusion) বলা হয়।

হাইড্রোজেনের ব্যবহার : হাবের পদ্ধতিতে (Haber Process) অ্যামোনিয়া প্রস্তুতের জন্য এবং সস্তা তেল জমাইয়া, বনস্পতি ঘি, মার্জারীন্ প্রভৃতি প্রস্তুতের জন্যই বোধহয় সর্বাপেক্ষা অধিক হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া অক্সি-হাইড্রোজেন টর্চ ও গ্যাস-বেলুনেও হাইড্রোজেনের ব্যবহার আছে।

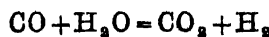
কারখানায় প্রস্তুতি :

শিল্পক্ষেত্রে অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি প্রচলিত আছে।

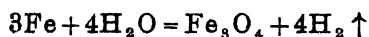
(১) **ওয়াটার গ্যাস** হইতে লোহিততপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

$$C+H_2O=CO+H_2$$

এই কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে 'ওয়াটার গ্যাস' বলে। ওয়াটার গ্যাস ও স্টীমের মিশ্রণকে আয়রন্ ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের উপর প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়।

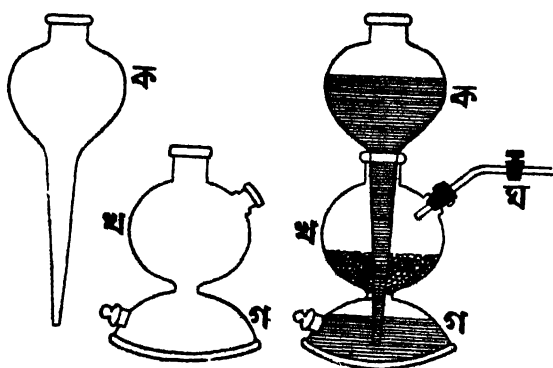
$$CO+H_2O=CO_2+H_2$$

উচ্চ চাপে জলের মধ্যদিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন অবশিষ্ট থাকে।

(২) উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর স্টীম প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন ও ফেরোসোফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2 \uparrow$$

(ফেরোসোফেরিক অক্সাইড)

জলীয়বাষ্প-মিশ্রিত হাইড্রোজেন ঠাণ্ডা করিলে বাষ্প জল হইয়া যায়, এবং হাইড্রোজেন উপযুক্ত পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

(৩) যে সকল স্থানে সুলভে বিদ্যুৎশক্তি পাওয়া যায়, সেখানে কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের বৈদ্যুতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। খরচের মধ্যে শুধু বিদ্যুৎশক্তি ও জল, কারণ দ্রবণে কস্টিক সোডার পরিমাণের কোনো পরিবর্তন হয় না।

কিপ্ যন্ত্র ঃ যে কোনো সময় দরকার মত ল্যাবরেটরিতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতের জন্য কিপ্ যন্ত্র (Kipp's Apparatus) ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রের

২৩নং চিত্র—কিপ্ যন্ত্র

দুইটি অংশ আছে। নীচের অংশে যে দুইটি গোলক (চিত্রে খ ও গ) আছে তাহাদের মধ্যে সর্বনিম্নেরটি একটি অর্ধগোলক (গ)। উপরের অংশে আছে একটি গোলক (ক)। এই গোলকের সঙ্গে সংযুক্ত একটি

দীর্ঘ নল মধ্যগোলকের মুখে (বায়ুরোধীভাবে) শক্ত করিয়া বসানো থাকে। নলটি 'গ' গোলকে গিয়া শেষ হইয়াছে। 'খ' গোলকে স্টপককৃযুক্ত একটি নির্গম-নল থাকে, এবং 'গ' গোলকে প্রয়োজনমত অ্যাসিড ইত্যাদি বাহির করিবার জন্য একটি ছিদ্র থাকে। সাধারণত এই ছিদ্রটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া রাখা হয়।

কিপ্ যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 'খ' গোলকটিতে দস্তার বড় বড টুকরা লওয়া হয়, এবং স্টপকক্ (ঘ) খুলিয়া দিয়া 'ক' গোলকে লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড 'গ' গোলক পূর্ণ করিয়া 'খ' গোলকে জিঙ্কের সংস্পর্শে আসে, ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়।

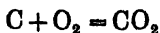
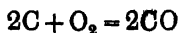
যখন গ্যাসের প্রয়োজন থাকে না, তখন স্টপকক্ বন্ধ করিয়া দিলে, 'খ' গোলকের ভিতরে হাইড্রোজেন গ্যাস সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের উপর চাপ দিয়া ঠেলিয়া (গ ও ক) তাহাকে 'ক' গোলকে পাঠাইয়া দেয়, এবং জিঙ্কের সংস্পর্শ হইতে অ্যাসিড সরিয়া আসার ফলে রাসায়নিক ক্রিয়াও বন্ধ হইয়া যায়।

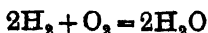
জারণ ও বিজারণ (Oxidation and Reduction)

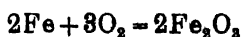
জারণ (Oxidation) :

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, কোনো পদার্থের সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হইলে, অথবা উহাতে অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে পদার্থটি জারিত হইয়াছে বলা হয়, এবং এইরূপ রাসায়নিক ক্রিয়াকে জারণ বলা হয়। কার্বন বাতাসে পুড়িলে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড হয়।

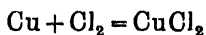
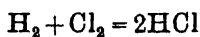
$$2C + O_2 = 2CO$$

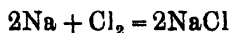
$$C + O_2 = CO_2$$

হাইড্রোজেন বাতাসে পুড়িলে জলে পরিণত হয়

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

লোহে মরিচা ধরিলে, ইহা ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$$

এই সকল রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কার্বন, হাইড্রোজেন, আয়রন্ প্রভৃতি জারিত হয়। পরে দেখা গেল, অক্সিজেনের সহিত সম্পর্করহিত অনেক রাসায়নিক ক্রিয়া আছে যাহাদের সহিত উপরিবর্ণিত ক্রিয়াগুলির যথেষ্ট মিল আছে। হাইড্রোজেন গ্যাস কিংবা ধাতব কপারের তপ্ত গুঁড়া অক্সিজেনে যেমন জ্বলে, ক্লোরিন গ্যাসেও সেইরূপ জ্বলে। হাইড্রোজেন ও কপারের সহিত ক্লোরিনের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও কপার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$

অক্সিজেনের সহিত এই সমস্ত পদার্থের ক্রিয়ার সঙ্গে ক্লোরিনের ক্রিয়ার যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে, এবং মূলত ইহারা একই ধরনের রাসায়নিক ক্রিয়া। সুতরাং এই ধরনের রাসায়নিক ক্রিয়াগুলিকেও 'জারণ' বলা যাইতে পারে। সোডিয়ামকে ক্লোরিনে পোড়াইলে সোডিয়াম ক্লোরাইড হয়।

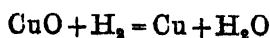
$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

আমরা দেখিয়াছি যে, এই রাসায়নিক ক্রিয়ার মূলে আছে সোডিয়াম হইতে ক্লোরিনে একটি ইলেকট্রনের স্থানান্তর। এই বিক্রিয়াটিকে যদি আমরা জারণ বলি, তাহা হইলে আমরা বলিতে পারি যে, সোডিয়াম হইতে একটি ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হওয়ার জন্যই ইহা জারিত হইয়াছে।

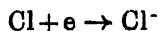
$$Na \rightarrow Na^+ + e$$

অর্থাৎ জারণক্রিয়া মূলত কোনো পদার্থ হইতে ইলেকট্রন অপসারণ। অক্সিজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি পদার্থ অন্য পদার্থ হইতে ইলেকট্রন অপসারণ করিতে সক্ষম, তাই তাহারা উত্তম জারক।

বিজারণ (Reduction) :

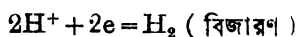
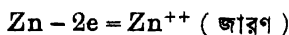
বিজারণ, জারণের সম্পূর্ণ বিপরীত। পূর্বে আমরা দেখিয়াছি যে, বিজারণ অর্থে অক্সিজেনের অপসারণ বোঝায়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

এ স্থলে কপার-অক্সাইড বিজারিত হইল, কিন্তু হাইড্রোজেন জারিত হইল। অর্থাৎ, জারণ ও বিজারণ সর্বদা একই সঙ্গে ঘটিয়া থাকে। তাহা হইলে উপরের সোডিয়াম ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম যদি জারিত হইয়া থাকে তবে ক্লোরিন নিশ্চয়ই বিজারিত হইয়াছে।

$$Cl + e \rightarrow Cl^-$$

এই বিজারণ হইয়াছে ক্লোরিন পরমাণুর সোডিয়াম পরমাণু হইতে ইলেকট্রন লাভের ফলে। যে কোনো বিজারণ-ক্রিয়া বিচার করিলে দেখা যাইবে যে, বিজারিত পদার্থে ইলেকট্রনসংখ্যা বৃদ্ধির জন্যই ইহা সম্ভব হইয়াছে। সুতরাং বিজারণকে আমরা ইলেকট্রন-যোগ ও জারণকে ইলেকট্রন-বিয়োগ বলিতে পারি।

জারণ ও বিজারণ ক্রিয়াসমূহ রসায়নে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ এবং বহু সাধারণ রাসায়নিক ক্রিয়া এই গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত। জিঙ্কের সহিত সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক ক্রিয়াতে জিঙ্ক জারিত হয় এবং হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বিজারিত হয়।

$$Zn - 2e = Zn^{++} \text{ (জারণ)}$$

$$2H^+ + 2e = H_2 \text{ (বিজারণ)}$$

Exercises

1. How will you prepare hydrogen from cold water, steam, and dilute acids ? Name three elements with which hydrogen can be directly combined, and state the conditions under which the reactions take place. [ঠাণ্ডা জল, স্টীম ও লঘু অ্যাসিড হইতে কিরূপে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবে ? তিনটি মৌলিক পদার্থের নাম কর, যাহাদের সহিত হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে এবং কি অবস্থায় রাসায়নিক ক্রিয়া হয় তাহার বর্ণনা দাও।]

2. Describe with diagram how hydrogen can be prepared and collected in the laboratory from zinc and dilute sulphuric acid. Can any other metal be used in place of zinc ? Describe an experiment to prove that (a) water is produced when hydrogen burns in air, and (b) that hydrogen is a reducing

agent. [ল্যাবরেটরিতে জিঙ্ক ও লঘু সাল্ফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে কিরূপে হাইড্রোজেন প্রস্তুত ও সংগ্রহ করিবে তাহার সচিত্র বর্ণনা দাও। জিঙ্কের পরিবর্তে অন্য কোনো ধাতু ব্যবহার করা যায় কি? পরীক্ষা দ্বারা দেখাও যে (ক) বাতাসে হাইড্রোজেন পুড়িলে জল উৎপন্ন হয়; এবং (খ) হাইড্রোজেন বিজারক।]

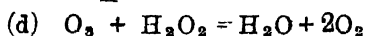
3. Describe methods for large-scale production of hydrogen, and state the uses of hydrogen. [হাইড্রোজেন-উৎপাদনের শিল্পপদ্ধতি বর্ণনা কর, এবং হাইড্রোজেনের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।]

4. What do you understand by 'oxidation' and 'reduction'? State whether in the following equations the underlined substances are oxidising or reducing agent. [জারণ ও বিজারণ বলিতে কি বোঝ? নিম্নলিখিত রাসায়নিক ক্রিয়াগুলিতে রেখাঙ্কিত পদার্থগুলি জারক কি বিজারক বল।]

(a) $\underline{Cl_2} + 2NaBr = 2NaCl + Br_2$

(b) $Br_2 + 2NaI = 2NaBr + I_2$

(c) $H_2\underline{S} + I_2 = 2HI + S$

(d) $\underline{O_3} + H_2O_2 = H_2O + 2O_2$

দশম অধ্যায়

জল

জল (আণবিক সংকেত H_2O)

রাসায়নিক পদার্থসমূহের মধ্যে জলের স্থান বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। জল না হইলে জীবজন্তু, গাছপালা কিছুই বাঁচে না। প্রাণী ও উদ্ভিদ্, মাটি ও বাতাস,—জল সর্বত্রই বিরাজমান।

বহুদিন পর্যন্ত জলকে একটি মৌলিক পদার্থ হিসাবেই ধরা হইত। 1784 খৃস্টাব্দে ক্যাভেণ্ডিস্ (Henry Cavendish) প্রথম ইহাকে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ হিসাবে প্রতিপন্ন করেন।

জলের গঠন

আয়তন-সংযুতি (বৈশ্লেষিক পদ্ধতি) ঃ আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, জলে সামান্ত সাল্‌ফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া সেই জলে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করিলে, একটি নলে হাইড্রোজেন ও অন্ত নলে অক্সিজেন সঞ্চিত হয়। হাইড্রোজেনের আয়তন অক্সিজেনের প্রায় দ্বিগুণ হয়।

সাংশ্লেষিক পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনকে জলে পরিণত করার সময় তাহাদের আয়তনের অনুপাত নির্ণয় করা হয়। একটি শক্ত ইউডিওমিটার (Eudiometer) বা গ্যাসমান-নল পারদে পূর্ণ করিয়া পারদপূর্ণ অপর একটি পাত্রের উপর উপুড় করিয়া রাখা হয়। অতঃপর পারদ অপসারণ দ্বারা নলটির কিয়দংশ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। এই মিশ্রণের মধ্যে গ্যাস দুইটির আয়তনের অনুপাত জানিয়া রাখা হয়। মনে কর, কোনো পরীক্ষায় নলের মধ্যে 25 সি. সি. হাইড্রোজেন ও 20 সি. সি. অক্সিজেন লওয়া হইল। গ্যাসের আয়তন, বায়ুমণ্ডলীর তৎকালীন চাপে ও গৃহের সাধারণ উষ্ণতায় পরিমাপ করা হয়। এইজন্য আয়তন পরিমাপের পূর্বে নলটি উপর-নীচ করিয়া নলের ভিতরের ও বাহিরের পারদ এক সমতলে রাখা হয়। তখন গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়। নলটির উপরাংশে কাচের দেওয়াল ভেদ করিয়া দুইটি প্লাটিনাম-তার লাগানো আছে। এই তার দুইটির দুইপ্রান্ত একটি আবেশ-কুণ্ডলীর (Induction coil) সঙ্গে সংযুক্ত করিলে নলের মধ্যে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হইবে। ফলে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া বিন্দু বিন্দু জলে পরিণত হইবে, এবং নলের মধ্যে পারদ কিয়দংশ উঠিয়া যাইবে। নলের মধ্যে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 7·5 সি. সি.। পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, ইহা অক্সিজেন ব্যতীত আর কিছুই নহে। সুতরাং 20 সি. সি. অক্সিজেনের মধ্যে

২৭নং চিত্র—জলের গঠন

(20 − 7·5) = 12·5 সি. সি. অক্সিজেন 25 সি. সি. হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জলে পরিণত হইয়াছে। অর্থাৎ 2 : 1 এই আয়তনের অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে।

এই পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত ঠিক 2 : 1 লইলে হঠাৎ ভিতরের চাপ অতিরিক্ত কমার ফলে যন্ত্রটি ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। সেইজন্য কোনো একটি গ্যাস কিছু বেশী পরিমাণে লওয়া ভাল।

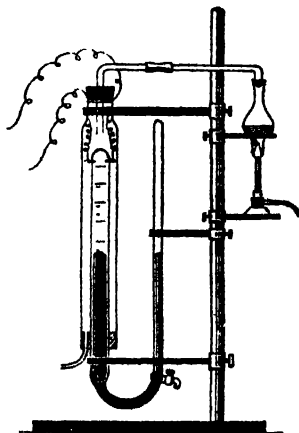
উপরের পরীক্ষাটি সাধারণ উষ্ণতায় করা হয় বলিয়া জল তরল অবস্থায় পাওয়া যায়। কিন্তু যদি পরীক্ষাটি 100° বা তত্যোধিক উষ্ণতায় করা যায়, তবে দুইভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া কয় ভাগ-স্টীম হয় তাহাও পাওয়া যাইবে। উপরিবর্ণিত ব্যবস্থার সঙ্গে গ্যাসমান-নলের চতুর্দিকে আর একটি মোটা বেষ্টনী-নল থাকে। এই বেষ্টনী-নল দিয়া ফুটন্ত জল হইতে জলীয় বাষ্প সঞ্চালিত করিয়া ইহাকে 1[illegible] উষ্ণতায় রাখা হয়। অতঃপর গ্যাসমান নলে 20 সি. সি. হাইড্রোজেন ও 10 সি. সি. অক্সিজেন লওয়া হয়। এই অবস্থায় প্লাটিনাম-তারে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ সঞ্চালিত করিলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জলীয় বাষ্পে পরিণত হইবে, এবং জলীয় বাষ্পের আয়তন 20 সি. সি. হইবে। সমস্ত গ্যাসের আয়তন একই অবস্থায়, অর্থাৎ 100° সে. গ্রে. উষ্ণতায় ও বায়ুমণ্ডলীয় চাপে পরিমাপ করা হয়। সুতরাং

২৮নং চিত্র—জলের গঠন

এই পরীক্ষা হইতে আমরা দেখিলাম যে আয়তন হিসাবে—

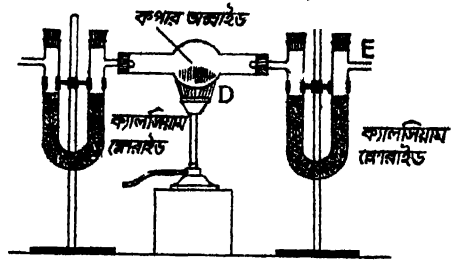
10 সি. সি. অক্সিজেন + 20 সি. সি. হাইড্রোজেন = 20 সি. সি. স্টীম

অর্থাৎ, আয়তনের অনুপাতে—

1 ভাগ অক্সিজেন + 2 ভাগ হাইড্রোজেন = 2 ভাগ জল (বাষ্প)।

গে লুসাক-এর গ্যাসায়তন সূত্র : হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ছাড়া আরও অন্যান্য গ্যাসের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার অনুরূপ পরীক্ষা হইতে 'গে লুসাক' সিদ্ধান্ত করেন যে, বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়াকালে তাহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে, এবং উৎপন্ন পদার্থটি গ্যাসীয় হইলে তাহার আয়তনও ক্রিয়াশীল গ্যাসগুলির আয়তনের সহিত সরল অনুপাতে থাকে। ইহাই 'গে লুসাক'-এর বিখ্যাত 'গ্যাসায়তন সূত্র'। ইহার পূর্বে বিক্রিয়কদের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়াকালে আর কোনো বিষয়ে এইরূপ সরল অনুপাত পাওয়া যায় নাই।

ওজন-সংযুতি (ডুমার পরীক্ষা) (Gravimetric Composition) : এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিয়া তাহাকে জলে পরিণত করা হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

পরীক্ষা : কিপ্-যন্ত্রে জিঙ্ক ও লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে প্রস্তুত হাইড্রোজেন গ্যাস ক্রমান্বয়ে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ দুইটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ করিয়া লওয়া হয়। এই বিশুদ্ধ গ্যাস 'D' বাল্‌বে রক্ষিত উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া চালনা করিলে হাইড্রোজেন ও কপার-অক্সাইডের বিক্রিয়ার ফলে

২৯নং চিত্র—জলের ওজন-সংযুতি

জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়। পরে 'E' চিহ্নিত ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলে গিয়া এই জলীয় বাষ্প সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়। পরীক্ষা আরম্ভের পূর্বে কপার অক্সাইড বাল্‌ব ও ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলটি (E) ওজন করা থাকে। পরীক্ষার পর পুনরায় তাহাদের ওজন লওয়া হয়। মনে কর,

পরীক্ষার পূর্বে বাল্‌ব + কপার অক্সাইডের ওজন = a গ্রাম্

" পরে " " " = b গ্রাম্

পরীক্ষার পূর্বে U-নলের ওজন = c গ্রাম্

" পরে " " " = d গ্রাম্

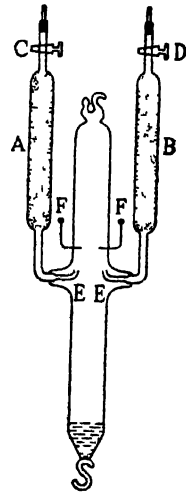
সুতরাং উৎপন্ন জলের ওজন = (d − c) গ্রাম্

অক্সিজেনের ওজন = (b − a) গ্রাম্

অতএব, হাইড্রোজেনের ওজন = {(d − c) − (b − a)} গ্রাম্

সুতরাং {(d − c) − (b − a)} গ্রাম্ হাইড্রোজেন, (b − a) গ্রাম্ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া (d − c) গ্রাম্ জল উৎপাদন করে।

ডুমা এই পরীক্ষা দ্বারা জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত 1 : 7·98 পাইয়াছিলেন।

মর্লির পরীক্ষা (Morley's Experiment)ঃ উপরের পরীক্ষা অপেক্ষা আরও উন্নততর পরীক্ষার ব্যবস্থা করিয়াছিলেন 'মর্লি'। এই পরীক্ষায় পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে লব্ধ অক্সিজেন গ্যাস বিশুদ্ধ করিয়া 10-18 লিটার আয়তনের একটি বায়ুশূন্য কাচ-গোলকে সঞ্চিত করা হয়। লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডমিশ্রিত জলের তড়িদ্‌ বিশ্লেষ হইতে প্রাপ্ত হাইড্রোজেন গ্যাস কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়া ও ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইডের উপর প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়। পরে একটি কাচপাত্রে রক্ষিত প্যালেডিয়ামচুর্ণে (Pd) ইহাকে বিশোষিত (absorb) করিয়া রাখা হয়। প্যালেডিয়াম উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে। অক্সিজেন গোলকটি ও প্যালেডিয়ামপূর্ণ নলটি C ও D নলের সাহায্যে AB যন্ত্রের সঙ্গে যুক্ত করা হয়, এবং দুইটি গ্যাসই ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইডের ভিতর দিয়া EE চিহ্নিত

৩০নং চিত্র—মর্লির পরীক্ষা

সূক্ষ্ম নল দুইটির মধ্যদিয়া যন্ত্রের মধ্যে প্রবেশ করে। FF প্লাটিনাম তার-প্রান্তে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হইলে EE প্রান্ত-নির্গত হাইড্রোজের ও অক্সিজেন জলে পরিণত হয়। C এবং D চিহ্নিত স্টপ কক্ দুইটি এমনভাবে ঘুরানো থাকে যে একই সময়ে অক্সিজেনের দুইগুণ হাইড্রোজেন যন্ত্রের মধ্যে প্রবেশ করে। পরীক্ষার পূর্বে বায়ুশূন্য অবস্থায় AB যন্ত্রটির ওজন লওয়া হয়। ইহার নীচের অংশ বরফে বসানো থাকে এবং জল ঠাণ্ডা হইয়া নীচে জমা হয়। এইভাবে প্রায় 40 লিটার হাইড্রোজেন ও 20 লিটার অক্সিজেনকে জলে পরিণত করিয়া পুনরায় যন্ত্রটির ওজন লওয়া হয়। ইহা হইতে জলের ওজন পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন নল ও অক্সিজেন গোলকের ওজনহ্রাস হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যায়।

মর্লি এই পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত পাইয়াছিলেন 1 : 7·9396।

এই পরীক্ষা হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত যদি মোটামুটি 1 : 8 ধরা হয়, তবে

$$\frac{1}{8} = \frac{x \times \text{হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব}}{y \times \text{অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব}}$$

x = জলের অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা

y = " " অক্সিজেন " "

সুতরাং

$$\frac{1}{8} = \frac{x \times 1{\cdot}00}{y \times 16{\cdot}00}$$

$$\therefore \quad \frac{x}{y} = \frac{16}{8} \quad \text{অথবা } x : y = 2 : 1$$

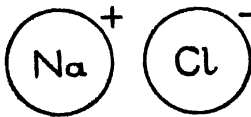
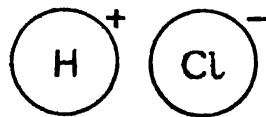
সুতরাং জলের স্থূল সংকেত (empirical formula) H_2O বলা যাইতে পারে। জলের আণবিক গুরুত্ব 18·00; সুতরাং ইহার আণবিক সংকেত H_2O।

জলের ধর্ম—অবস্থাগত: বিশুদ্ধ অবস্থায় জল স্বাদ, গন্ধ, বর্ণহীন তরল পদার্থ। জলের গভীরতা অধিক হইলে অনেক সময় ইহাকে নীলাভ

দেখায়, যেমন—সমুদ্রের জল। সাধারণ চাপে (760 মি. মি. পারদ চাপে) 0° সে. গ্রে. উষ্ণতায় জল জমিয়া বরফ হয়, এবং 100° সে. গ্রেডে ইহা ফুটিতে থাকে। জলের হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের সাহায্যে তাপমান্-যন্ত্রের (Thermometer) 0° ও 100° চিহ্নিত করা হয়।

সাধারণভাবে 1 সি. সি. জলের ওজন 1 গ্রাম্ ধরা হয়। অর্থাৎ জলের ঘনত্ব 1; সুতরাং জলের সহিত তুলনা করিয়া অন্য পদার্থের ঘনত্ব স্থির করা হয়। লৌহের ঘনত্ব = 7, ইহার অর্থ, লৌহ সমায়তন জল অপেক্ষা 7গুণ ভারী। প্রকৃতপক্ষে কেবলমাত্র 4° সে. গ্রে. উষ্ণতায় 1 সি. সি. জলের ওজন 1 গ্রাম্ হয়, এবং উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের সহিত ঘনত্ব হ্রাস পায়। এক গ্রাম্ জলের উষ্ণতা 1 ডিগ্রি সে. গ্রে. বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন হয়, তাহাকে 1 ক্যালরি (calorie) বলা হয়। ক্যালরি তাপ-পরিমাপের একক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এইরূপে জলের বিবিধ গুণকে নানা বিষয়ে প্রামাণ্য বলিয়া ধরা হয়।

লবণ-জাতীয় পদার্থ, অ্যাসিড, ক্ষার প্রভৃতির পক্ষে জল খুব ভাল দ্রাবক। জলের দ্রবণক্ষমতা এত বেশী যে বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহাকে পাওয়া খুবই কষ্টকর।

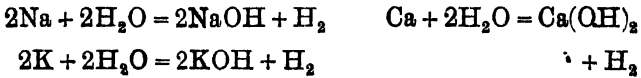
লবণ, অম্ল, বা ক্ষার-জাতীয় পদার্থের মধ্যে সাধারণত দুইটি অংশ থাকে। এই দুইটি অংশের মধ্যে ইলেকট্রন বিনিময়ের ফলে একটি অংশ

সোডিয়াম ক্লোরাইড
৩১(ক)নং চিত্র

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ইত্যাদি
৩১(খ)নং চিত্র

পরাবিদ্যুতান্বিত, এবং অপর অংশ অপরাবিদ্যুতান্বিত হয়। পরাবিদ্যুতান্বিত অংশ হইতে এক বা ততোধিক ইলেকট্রন গিয়া অপরাবিদ্যুতান্বিত অংশে আশ্রয় লয়। বিপরীত ধর্মী এই দুইটি আয়নিত (Ionised) অংশ বৈদ্যুতিক আকর্ষণের দ্বারা পরস্পরকে ধরিয়া রাখে। যেমন, উপরের চিত্র দেখ।

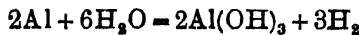
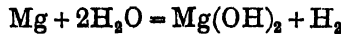
জলের একটি গুণ আছে যে ইহার মধ্যে দিলে দুইটি অংশের মধ্যে আকর্ষণকারী বৈদ্যুতিক শক্তি হ্রাস পায়, ফলে দুইটি অংশ পরস্পর হইতে অনেকটা বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। জলে দিলে আয়নগুলি এইরূপে পরস্পর হইতে পৃথক হইয়া যায় বলিয়া জলকে আয়নকারী দ্রাবক (Ionising solvent) বলা হয়। জলের এই ধর্মের জন্য লবণ ইত্যাদি সহজে জলে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু পেট্রোল বা বেন্‌জীনে দ্রবীভূত হয় না।

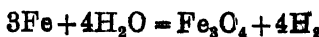
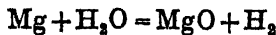
জলের রাসায়নিক ধর্ম ঃ

জলের সহিত বিভিন্ন ধাতুর রাসায়নিক ক্রিয়া ঃ (১) জলের সহিত অনেক ধাতুর (সাধারণ উষ্ণতায়, যেমন Na, K ইত্যাদির, অথবা উষ্ণ অবস্থায়, যেমন Mg, Fe, Zn ইত্যাদির) রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে জল হইতে হাইড্রোজেন বাহির হয়।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2 \qquad Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$
$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$$

পরীক্ষা ঃ একটি তার-জালির মধ্যে কয়েক টুকরা সোডিয়াম লইয়া গ্যাসদ্রোণীর জলের নীচে ডুবাইয়া রাখ, এবং তাহার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাস-জার উপুড় করিয়া দাও। অল্পকালের মধ্যেই জারটি গ্যাসে পূর্ণ হইয়া যাইবে। গ্যাসপূর্ণ জারটি ঢাকনী বন্ধ করিয়া সাবধানে বাহিরে আনিয়া একটি অগ্নিশিখার উপর উপুড় করিয়া ধরিলে দেখিবে, জারের মুখে হাইড্রোজেন গ্যাস নীলাভ শিখা সহ জ্বলিতেছে।

স্ফুটন্ত জলে ম্যাগ্‌নেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ দিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$$
$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$$

লোহিত-তপ্ত আয়রন্, ম্যাগ্‌নেসিয়াম, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতুর উপর উত্তপ্ত স্টীম (steam) প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

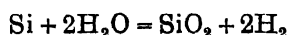
$$Mg + H_2O = MgO + H_2$$
$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

জলীয় বাষ্প হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির পরীক্ষার জন্য 82 পৃষ্ঠার পরীক্ষা দেখ।

(২) অধাতুর মধ্যে আইওডিন ব্যতীত অন্যান্য হ্যালোজেন (ফ্লুওরিন, ক্লোরিন ও ব্রোমিন), কার্বন ও সিলিকনের সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়া হয়।

উত্তপ্ত কার্বনের উপর স্টীম প্রবাহিত করিলে ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

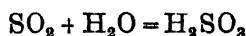
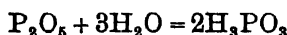
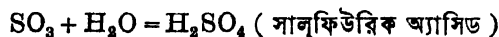
উত্তপ্ত সিলিকনের উপর স্টীম প্রবাহিত করিলে ইহা ধীরে ধীরে সিলিকন ডাই-অক্সাইড বা সিলিকায় পরিণত হয়।

$$Si + 2H_2O = SiO_2 + 2H_2$$

হ্যালোজেনগুলির সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়া সম্বন্ধে পরে বলা হইবে।

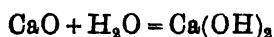
(৩) সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) প্রভৃতি অম্লজাতীয় অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

(সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড)

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_3$$

(ফস্‌ফরিক অ্যাসিড)

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$ (সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড)

সোডিয়াম অক্সাইড (Na_2O) প্রভৃতি ক্ষারজাতীয় অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে ক্ষার (alkali) উৎপন্ন করে।

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

(৪) অনেক লবণ জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসিত হইবার সময় তাহাদের প্রতি অণুতে এক বা ততোধিক জলের অণু সংযুক্ত হয়। এই জলকে কেলাসন জল (water of crystallisation) বলে।

কেলাসন জলের উপর অনেক লবণের স্ফটিকের রং, আকৃতি ইত্যাদি

নির্ভর করে। কপার সাল্‌ফেট স্ফটিক জলহীন হইলে সাদা হয় এবং জলযুক্ত হইলে নীল হয়।

লবণের অণুর সহিত জলের এই সংযুক্তি খুব দৃঢ় হয় না, এবং তাপ প্রয়োগ করিলেই অনেক সময় জল চলিয়া যায়। কয়েকটি কেলাসন-জলযুক্ত লবণের (সোদক-লবণ) নাম ও আণবিক সংকেত নীচে দেওয়া হইল।

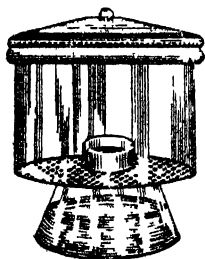
$CuSO_4, 5H_2O$—কপার সাল্‌ফেট (তুঁতে)
$KAl(SO_4)_2, 12H_2O$—অ্যালাম (ফিটকিরি)
$ZnSO_4, 7H_2O$—জিঙ্ক সাল্‌ফেট (শ্বেত ভিট্রিয়ল)
$FeSO_4, 7H_2O$—ফেরাস্ সাল্‌ফেট (হরিৎ ভিট্রিয়ল বা হীরাকষ) ইত্যাদি।

উদ-ত্যাগ (Efflorescence) ঃ কতকগুলি সোদক-লবণ (hydrated salts) হইতে সাধারণ উষ্ণতাতেই ধীরে ধীরে জল চলিয়া যায়। এইরূপ পরিবর্তনকে উদ-ত্যাগ বলা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3, 10H_2O$) বাতাসে রাখিয়া দিলে স্ফটিকগুলি সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয়। দশটি জলের অণুর মধ্যে নয়টি বাতাসে ছাড়িয়া দেওয়ার জন্যই উহার এই পরিবর্তন হয়।

উদ-গ্রহ (Deliquescence) ঃ ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2, 6H_2O$) প্রভৃতি স্ফটিক আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে, তাহারা বাতাস হইতে জল শোষণ করিয়া সেই জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই পরিবর্তনকে উদ-গ্রহ বলে, এবং এইরূপ স্ফটিককে উদ-গ্রাহী বলা হয়। বর্ষার সময় কোনো পাত্রে খাদ্য-লবণ (NaCl) রাখিলে অনেক সময় দেখা যায় লবণ গলিয়া জল হইয়া গিয়াছে। সাধারণ লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড কিন্তু উদ-গ্রাহী নহে। ইহার সহিত ক্যাল্‌সিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকার জন্যই এইরূপ হয়।

জল-শোষক (Hygroscopic Substances) ঃ সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড, ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইড, ক্যাল্‌সিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থ জলীয় বাষ্প শোষণ করিতে পারে। কিন্তু ইহাদিগকে উদ-গ্রাহী বলা

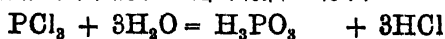
হয় না। কারণ, উদ-গ্রাহীতা দ্বারা কঠিন পদার্থের জল শোষণ করিয়া সেই জলে দ্রবীভূত হওয়া বুঝায়, আর কোনো রাসায়নিক পরিবর্তন সূচনা করে না। কিন্তু, উল্লিখিত পদার্থগুলির সহিত অনেক ক্ষেত্রে জলের রাসায়নিক ক্রিয়াও হয়। সেইজন্য ইহাদের উদ-গ্রাহী না বলিয়া জল-শোষক পদার্থ (Hygroscopic substances) বলা হয়।

শোষকাধার (Desiccator) : উপরিবর্ণিত জল-শোষক কিংবা উদ-গ্রাহী পদার্থের সাহায্যে অন্য পদার্থকে শুষ্ক করা যায়। শোষকাধার (Desiccator) নামক যন্ত্রে এইরূপ শুষ্ক করার কাজ হয়। এই যন্ত্রের নীচে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড বা ঐ জাতীয় কোনো জল-শোষক পদার্থ থাকে, এবং যে বস্তু শুষ্ক করিতে হইবে তাহা উপরের তলার একটি সছিদ্র থালি বা ঝাঁঝরির উপর রাখিয়া ঢাকনী বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড প্রথমে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া লইবে। তখন উক্ত পদার্থটি হইতে জল বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুতে মিশিবে, এবং সেই বাষ্পও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড শোষণ করিয়া লইবে। এইরূপে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড বা জল-শোষক পদার্থটি ক্রমে ক্রমে অন্য পদার্থকে জলমুক্ত করিয়া শুষ্ক করিবে।

৩২নং চিত্র—শোষকাধার

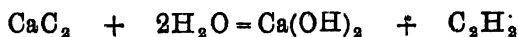
(৫) কতকগুলি লবণ-জাতীয় পদার্থ ও আরও কয়েক শ্রেণীর যৌগিক পদার্থ জলের সংস্পর্শে আসিলে বিশ্লেষিত হইয়া দুইটি নূতন পদার্থে পরিণত হয়। এই রাসায়নিক ক্রিয়াকে 'আর্দ্র-বিশ্লেষণ' বলে।

$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$$

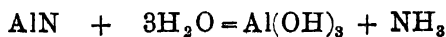
(ফস্‌ফরাস্ ট্রাই-ক্লোরাইড) (ফস্‌ফরাস্ অ্যাসিড)

$$NH_4Cl + H_2O = NH_4OH + HCl$$

(অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) (অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড)

(৬) ধাতব কারবাইড জলে দিলে ইহা হাইড্রো-কার্বন (কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ) ও ধাতব হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

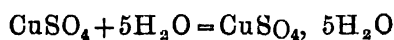
$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

(ক্যালসিয়াম কারবাইড) অ্যাসিটিলিন

ধাতব নাইট্রাইড ও জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়া ও ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়।

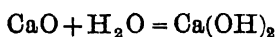
$$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$$

(অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড)

জলের পরীক্ষাঃ—

(১) নিরুদক (anhydrous) কপার সালফেটের রং সাদা। সামান্য-মাত্র জলের সংস্পর্শে ইহা নীল হইয়া যায়।

$$CuSO_4 + 5H_2O = CuSO_4, 5H_2O$$

(সাদা) (নীল)

(২) ক্যালসিয়াম অক্সাইড জলে দিলে ইহা উত্তপ্ত হইয়া ফুটিতে থাকে।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

(৩) বিশুদ্ধ জলে লিটমাসের রংয়ের কোনো পরিবর্তন হয় না।

(৪) ইহা 0° সে. গ্রেডে জমিয়া বরফ হইবে এবং (760 মি. মি. পারদ-চাপে) 100° সে. গ্রেডে ফুটিতে থাকিবে।

প্রাকৃতিক জলঃ প্রাকৃতিক জলে সর্বদাই অন্য নানাবিধ পদার্থ দ্রবীভূত বা ভাসমান থাকে। ইহাদের পরিমাণ ও প্রকৃতি সাধারণত জলের উৎস কি, তাহার উপর নির্ভর করে। উৎস অনুসারে জলকে নিম্ন-লিখিত কয়েকটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়।

(ক) **বৃষ্টি-জল**ঃ প্রাকৃতিক জলের মধ্যে ইহাই বিশুদ্ধতম। বৃষ্টি হইবার সময় ইহা আকাশ হইতে নানারূপ গ্যাস ত দ্রবীভূত করেই, তা'ছাড়া

সূক্ষ্ম ধূলিকণা, কয়লাগুঁড়া ইত্যাদিও বৃষ্টির জলে ধুইয়া আসে। কলকারখানা নিকটে থাকিলে বৃষ্টি-জলে ধোঁয়া, ধুলা ইত্যাদির পরিমাণ আরও বাড়িয়া যায়। সমুদ্রতীরবর্তী অঞ্চলে বৃষ্টির জলে বেশকিছু লবণও পাওয়া যায়।

(খ) **নদী-জল:** মাটির উপর দিয়া বহিয়া যাইবার সময় নদীর জলে নানা খনিজ পদার্থ দ্রবীভূত হয়। ইহাদের মধ্যে সোডিয়াম, ক্যাল্‌সিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়ামের ক্লোরাইড, সাল্‌ফেট ও বাই-কার্বনেটই সর্বাপেক্ষা উল্লেখ-যোগ্য। কাদা ও ময়লা থাকার জন্য অনেক সময় নদী-জল ঘোলা হয়, এবং নদীতীরবর্তী সহরের ময়লা, আবর্জনা ইত্যাদি জলে আসিয়া পড়ার জন্য জলে নানাপ্রকার রোগ-জীবাণুও থাকে।

(গ) **প্রস্রবন ও কূপের জল:** বৃষ্টির জল মাটিতে পড়িয়া ভূপৃষ্ঠের নানা স্তরের মধ্য দিয়া যাইবার সময় ভাসমান ময়লা হইতে পরিস্রুত হইয়া যায়। সেইজন্য ঝরনা বা কূপের জল খুব স্বচ্ছ হয়, কিন্তু ইহাতে দ্রবীভূত খনিজপদার্থের পরিমাণ আরও বৃদ্ধি পায়। অনেক সময় খনিজপদার্থের পরিমাণ এত বেশী হয় যে প্রস্রবনগুলির জলকে **খনিজ জল (Mineral water)** বলা হয়। এইসব খনিজ জলে কোথাও ম্যাগ্‌নেসিয়াম সাল্‌ফেট, কোথাও হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড, কোথাও বা কার্বন ডাই-অক্সাইড, কোথাও সোডিয়াম বা লিথিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবীভূত থাকে।

অনেক খনিজ প্রস্রবনের জল উষ্ণ। আমাদের দেশে বীরভূমের বক্রেশ্বরে, মুঙ্গেরের সীতাকুণ্ডে, রাজগীরের সপ্তধারায় ও ভুবনেশ্বরে এইরূপ উষ্ণ প্রস্রবন আছে। এই সমস্ত উষ্ণ প্রস্রবনের জলের রোগ-নিরাময়কারী গুণ আছে বলিয়া অনেকে বিশ্বাস করেন।

(ঘ) **সমুদ্রের জল:** সমুদ্রের জলে দ্রবীভূত ও ভাসমান উভয় প্রকারের নানা পদার্থ থাকে। ইহাতে দ্রবীভূত লবণের শতকরা হার প্রায় 3·5 ভাগ, এবং উহার প্রায় তিন-চতুর্থাংশই সোডিয়াম ক্লোরাইড। বাকী এক-চতুর্থাংশে থাকে পটাসিয়াম ক্লোরাইড, ক্যাল্‌সিয়াম ও ম্যাগ্‌-নেসিয়ামের সাল্‌ফেট ও ক্লোরাইড এবং অতি সামন্য পরিমাণে পটাসিয়াম আয়োডাইড।

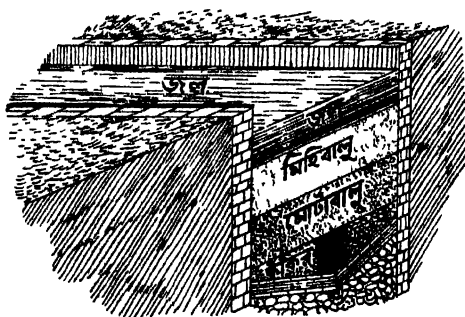
বিশুদ্ধ জল : অবিশুদ্ধ জল হইতে পাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করা যায়। এই জলে কিছুপরিমাণ উদ্বায়ী জৈব পদার্থ, কিছু বায়ুমধ্যস্থ গ্যাস, ও পাত্র হইতে সামন্য কাচ দ্রবীভূত থাকে। পাতনকালে সামান্য পটাসিয়াম পার্মাঙ্গানেট ও কস্টিক পটাস দিলে জৈব পদার্থ নষ্ট হইয়া যায়। তখন ভাল পাইরেক্স-কাচ-নির্মিত কূপী হইতে পাতিত করিয়া জেনা (Jena) বা পাইরেক্স (Pyrex) কাচের গ্রাহকে সঞ্চয় করিলে কাচ হইতে দ্রবণীয় পদার্থের পরিমাণও খুব কমিয়া যাইবে। পাতিত জলের প্রথম ও শেষ অংশ বাদ দিয়া মধ্যের অংশ গ্রহণ করা হয়। সম্ভব হইলে কাচের পরিবর্তে গলিত বালু (Fused silica) অথবা প্লাটিনাম-নির্মিত পাত্রের ব্যবহার আরও ভাল। পাতিত জলকে বায়ু হইতে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করা সর্বাপেক্ষা কঠিন কাজ।

জলকে পাতিত না করিয়া আয়ন-বিনিময়কারী রজনের (Ion Exchange Resins) সাহায্যে ইহা হইতে দ্রবীভূত লবণ, অম্ল বা ক্ষার দূর করা যায়।

পানীয় জল : পানীয় জল সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ না হইলেও ক্ষতি নাই; ইহার মধ্যে স্বাস্থ্যের পক্ষে অনিষ্টকারী কোনোকিছু না থাকিলেই হইল। পানীয় জল স্বচ্ছ ও রোগ-জীবাণুমুক্ত হওয়া প্রয়োজন। ইহাতে অল্পস্বল্প খনিজপদার্থ দ্রবীভূত থাকিলে কোনো ক্ষতি নাই, বরং ভাল। কারণ, ইহা দ্বারা শরীরের খনিজ দ্রব্যের অভাব পূর্ণ হয়। কিন্তু তাই বলিয়া লেড্, কপার প্রভৃতি বিষাক্ত ধাতুর লবণ দ্রবীভূত থাকা বাঞ্ছনীয় নহে। পানীয় জলে অ্যামোনিয়ার অস্তিত্ব বিপদ্ সূচক। অ্যামোনিয়া থাকিলেই ইহাতে রোগ-জীবাণু থাকার সম্ভাবনা খুব বেশী।

জলে অ্যামোনিয়ার পরীক্ষা : কোনো জলে অ্যামোনিয়া আছে কিনা নেস্‌লারের দ্রবণ (Nessler's Reagent) দিয়া তাহা সহজেই পরীক্ষা করা যায়। পরীক্ষা-নলে অল্প একটু জল লইয়া তাহাতে কয়েক ফোঁটা নেস্‌লার দ্রবণ দিলে জলের রং বাদামী হইয়া যাইবে। অ্যামোনিয়া বেশী থাকিলে বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

টাইফয়েড, কলেরা, আমাশয় প্রভৃতি রোগ প্রধানত জলের দ্বারাই সংক্রামিত হয়। সেইজন্য পানীয় জল সম্পূর্ণরূপে জীবাণুমুক্ত করা উচিত।

পানীয় জলের বিশোধন: বড বড় সহরে জল-সরবরাহের জন্য নিকটবর্তী কোনো নদী হইতে জল পাম্প্ করিয়া এক বৃহৎ জলাশয়ে রাখা হয়। এখানে ভাসমান ময়লাসমূহ অনেকটা থিতাইয়া নীচে পড়িয়া যায়। এই সময় জলে কিছু ফিটকিরি মিশাইয়া দেওয়া হয়। তাহাতে ময়লা, কাদা প্রভৃতি আরও শীঘ্র নীচে থিতাইয়া যায়। অতঃপর এই জল বালু ও কাঁকরনির্মিত পরিস্রাবন-স্তর-বিশিষ্ট আর একটি জলাধারে যায়। পরিস্রাবন-স্তর (Filter Bed)টির তিনটি অংশ থাকে। সর্বোচ্চ স্তরে

৩৩নং চিত্র—পানীয় জলের পরিস্রাবন স্তর

থাকে মিহি বালু, মধ্যের স্তরে মোটা বালু ও একেবারে নীচের স্তরে থাকে কাঁকর। অল্পদিনের মধ্যেই বালুর উপর কাদা ও শেওলার একটি পিচ্ছিল আস্তরণ পড়ে। জলে ভাসমান সমস্ত ময়লা ও জীবাণু ইহাতে আটকাইয়া যায়। কাঁকর-স্তরের নীচের নালা দিয়া আসিয়া এই পরিস্রুত জল একটি বিরাট চৌবাচ্চায় জমা হয়। ইহার পর প্রয়োজনমত ক্লোরিন মিশাইয়া জলকে জীবাণুমুক্ত করা হয়, ও সহরে সরবরাহের জন্য পাম্প্ করিয়া উচ্চ জলাধারে লওয়া হয়।

জলকে জীবাণুমুক্ত করার জন্য ক্লোরিনের ব্যবহারই সর্বাপেক্ষা অধিক।

কোনো কোনো স্থানে জলের মধ্যে ওজোনসমন্বিত অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া অথবা এক কিংবা দেড় মিনিটকাল জলটি অতিবেগুনী আলোতে (Ultraviolet Rays) রাখিয়াও জীবাণুমুক্ত করার ব্যবস্থা আছে।

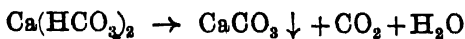
খর ও মৃদু জল (Hard and soft water)ঃ তোমরা বোধ হয় লক্ষ্য করিয়াছ, কোনো কোনো জলে সাবান ঘষিলে কিছুতেই ফেনা হয় না। এইরূপ জলকে **খর জল (Hard water)** বলে। জলের মধ্যে ক্যাল্‌সিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম এবং কখনো কখনো আয়রন্‌-লবণ দ্রবীভূত থাকার জন্যই এরূপ হয়। সাধারণত খর জলে ক্যাল্‌সিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়ামের সাল্‌ফেট, ক্লোরাইড অথবা বাই-কার্বনেট থাকে। সাবান জলে দ্রবীভূত হইলে তবে ইহাতে ফেনা হয়। কিন্তু জলের মধ্যে যদি এমন কিছু থাকে, যাহার সহিত সাবানের রাসায়নিক ক্রিয়া হইয়া সাবান অদ্রাব্য পদার্থে পরিণত হয়, তবে এইরূপ জলে সহজে সাবানের ফেনা হয় না। সাধারণ সাবান স্টিয়ারিক (Stearic), পামিটিক (Palmitic) প্রভৃতি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ মাত্র। এই সব অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ জলে দ্রবণীয়, কিন্তু ক্যাল্‌সিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম লবণ অদ্রবণীয়। সেইজন্য জলের মধ্যে দ্রবীভূত ক্যাল্‌সিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম লবণের সহিত সাবানের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে দ্রবণীয় সোডিয়াম সাবান অদ্রবণীয় ক্যাল্‌সিয়াম সাবানে পরিণত হয়।

সোডিয়াম পামিটেট + ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড
= সোডিয়াম ক্লোরাইড + ক্যাল্‌সিয়াম পামিটেট

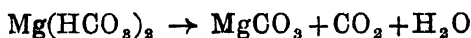
মৃদু জল (Soft water)ঃ যে জলে সাবান ঘষিলে সহজেই ফেনা হয়, তাহাকে **মৃদু জল** বলে।

জলের খরতা দূরীকরণঃ খর জল যে কেবলমাত্র সাবানকাচার কাজেই অযোগ্য তাহা নহে, বয়লারে এরূপ জলের ব্যবহার বিশেষ বিপজ্জনক। এইরূপ জল হইতে বয়লারের ভিতরের গায়ে ক্যাল্‌সিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম কার্বনেটের একটি কঠিন আস্তরণ পড়ে। ঐ সমস্ত ধাতুর

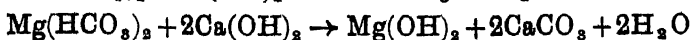
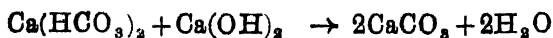
দ্রবীভূত বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত হওয়ার ফলেই এই অদ্রবণীয় কার্বনেট স্তরটির সৃষ্টি হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow \underline{CaCO_3} \downarrow + CO_2 + H_2O$$

তাহার ফলে বয়লারের ভিতরে জল গরম হইতে সময় বেশী লাগে ও জ্বালানীর খরচ বৃদ্ধি পায়। শুধু তাহাই নহে, এই আস্তরণের ফাটলে জল ঢুকিয়া লোহিততপ্ত ধাতুর সংস্পর্শে আসার ফলে জলীয় বাষ্পের এমন চাপ সৃষ্টি হয় যে বয়লারটি ফাটিয়া যাইতে পারে। সুতরাং এইসব কাজের জন্য মৃদু জল ব্যবহার করা উচিত।

জলের অস্থায়ী খরতা—(১) জলের খরতা কেবলমাত্র ক্যাল্‌সিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম বাই-কার্বনেটের জন্য হইলে শুধু ফুটাইলেই তাহা দূরীভূত হয়। ফুটানোর ফলে দ্রবীভূত ক্যাল্‌সিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম বাই-কার্বনেট, ঐ সকল ধাতুর অদ্রবণীয় কার্বনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। তখন ইহাকে উপর হইতে সাবধানে ঢালিয়া অথবা ছাঁকিয়া লইলে জলটি দ্রবণীয় ক্যাল্‌সিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম লবণ হইতে মুক্ত হয়, ও ইহার খরতা দূর হয়। বাই-কার্বনেটজনিত খরতা এত সহজে দূরীভূত হয় বলিয়া তাহাকে **জলের অস্থায়ী খরতা** (Temporary hardness) বলে।

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3 + CO_2 + H_2O$$

উল্লিখিত রাসায়নিক ক্রিয়ার জন্যই বয়লারের ভিতরের গায়ে সাদা আস্তরণ পড়ে, এবং চায়ের কেৎলীর ভিতরের গায়ে সাদা সরের মত আস্তরণ পড়ে।

(২) **ক্লার্ক পদ্ধতি**ঃ খুব বেশী জলকে ফুটাইয়া খরতা দূর করার অসুবিধা অনেক এবং তাহাতে খরচও খুব বেশী। সেইজন্য হিসাব মত প্রয়োজনানুযায়ী চুন দিয়া খরতা দূর করা হয়। এই পদ্ধতিকে 'ক্লার্ক' পদ্ধতি বলে।

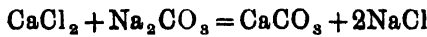
$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$$

উপরের সমীকরণ লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে, $Ca(OH)_2$-এর সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে $Ca(HCO_3)_2$, $CaCO_3$রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু একই অবস্থায় $Mg(HCO_3)_2$, $Mg(OH)_2$রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহার কারণ $Mg(OH)_2$ ও $MgCO_3$-এর মধ্যে হাইড্রক্সাইডেরই দ্রাব্যতা সর্বাপেক্ষা কম। সেইজন্য যেটি সর্বাপেক্ষা অদ্রাব্য সেইটিই পড়িয়া যায়। কিন্তু $Ca(OH)_2$ জলে দ্রবণীয়, আর $CaCO_3$ অদ্রবণীয়, সেইজন্য ক্যাল্‌সিয়ামের ক্ষেত্রে কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

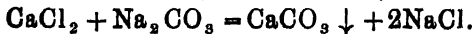
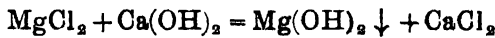
চুন দিয়া এইরূপে খরতা দুব করিতে গিয়া যদি চুনের পরিমাণ মাত্রাতিরিক্ত হয়, তবে খরতা দূর না হইয়া স্থায়ী হইযা যাইবে।

স্থায়ী খরতা ও তাহার দূরীকরণ ঃ জলে যদি ক্যাল্‌সিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়ামের বাই-কার্বনেট ছাড়াও তাহাদের সাল্‌ফেট বা ক্লোরাইড থাকে, তবে উপরিবর্ণিত উপায়ে খরতা দূর করা যায় না। এইরূপ খরতাকে **স্থায়ী খরতা** বলে।

জলের স্থায়ী খরতা দূরীকরণ ঃ

(১) জলে সোডিয়াম কার্বনেট দিলে ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড বা সাল্‌ফেট ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$

কিন্তু ম্যাগ্‌নেসিয়াম লবণ থাকিলে, সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত কিছু পরিমাণ চুন [$Ca(OH)_2$] মিশাইয়া লওয়া হয়। তাহাতে ম্যাগ্‌নেসিয়াম অদ্রবণীয় হাইড্রক্সাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

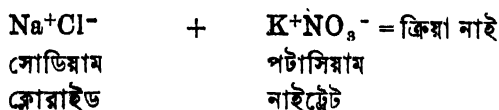
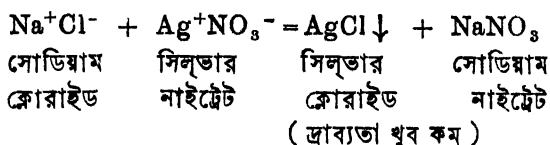
$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaCl_2$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + 2NaCl.$$

উপরে যে সকল রাসায়নিক ক্রিয়ার উল্লেখ করা হইল তাহারা সকলেই 'বিপরিবর্ত' (Double decomposition) ক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত। দুইটি লবণের মধ্যে এইরূপ রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে তাহাদের অম্ল ও ক্ষার অংশের মধ্যে স্থানবিনিময় হইয়া থাকে। বিক্রিয়াকালে সমস্ত সম্ভাব্য লবণ-গুলির মধ্যে যেটি সর্বাপেক্ষা অদ্রবণীয়, সেইটিই অধঃক্ষিপ্ত হইবে। কিন্তু

দুইটি লবণের জলীয় দ্রবণের মিশ্রণে যদি কোনো অদ্রাব্য বা স্বল্পদ্রাব্য লবণ গঠনের সম্ভাবনা না থাকে, তাহা হইলে কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া হইবে না। যেমন—

Na^+Cl^-	+	$K^+NO_3^-$ = ক্রিয়া নাই
সোডিয়াম ক্লোরাইড		পটাসিয়াম নাইট্রেট

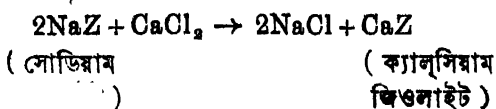
কিন্তু,

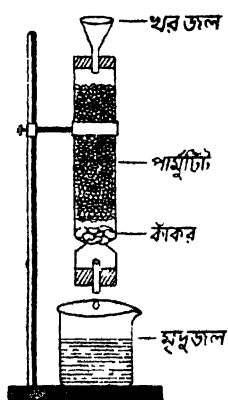
$$Na^+Cl^- + Ag^+NO_3^- = AgCl\downarrow + NaNO_3$$

Na^+Cl^-	$Ag^+NO_3^-$	$AgCl\downarrow$	$NaNO_3$
সোডিয়াম ক্লোরাইড	সিল্‌ভার নাইট্রেট	সিল্‌ভার ক্লোরাইড (দ্রাব্যতা খুব কম)	সোডিয়াম নাইট্রেট

এই পদ্ধতিতে দুইটি লবণ হইতে আর একটি নূতন লবণ প্রস্তুত করা যায়, এবং বিভিন্ন লবণের দ্রাব্যতা সম্বন্ধে জানা থাকিলে রাসায়নিক ক্রিয়া কিরূপ হইবে তাহাও বলা যায়।

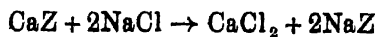
(২) **পারমুটিট পদ্ধতি (Permutit Process) ঃ** সোডিয়াম কার্বনেট দ্বারা খরতা দূরীকরণ বিশেষ ব্যয়সাধ্য। সেইজন্য বর্তমানে ঐ পদ্ধতির আর বিশেষ প্রচলন নাই। বর্তমানে যে পদ্ধতি সর্বাপেক্ষা অধিক প্রচলিত, তাহাকে পারমুটিট পদ্ধতি (Permutit Process) বলা হয়। এই পদ্ধতিতে জিওলাইট (Zeolite) নামক এক শ্রেণীর খনিজ পদার্থের মধ্য দিয়া খর জল প্রবাহিত করা হয়। তাহার ফলে খর জলের ক্যাল্‌সিয়াম (Ca^{++}), ম্যাগ্‌নেসিয়াম (Mg^{++}), আয়রন্ (Fe^{++}) প্রভৃতি আয়ন জিওলাইটের সোডিয়াম আয়নের (Na^+) সহিত স্থান বদল করে। জিওলাইটের ক্ষারকাংশ যদি সোডিয়াম হয় এবং বাকী অংশকে (অম্লাংশ) যদি Z-রূপে লেখা হয়, তবে রাসায়নিক ক্রিয়াটি নিম্নলিখিত সমীককণের সাহায্যে প্রকাশ করা যাইতে পারে।

$$2NaZ + CaCl_2 \rightarrow 2NaCl + CaZ$$

(সোডিয়াম) (ক্যাল্‌সিয়াম জিওলাইট)

এই ক্রিয়াটি আপাতদৃষ্টিতে সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ন্যায় মনে হইলেও, সোডিয়াম কার্বনেট অপেক্ষা জিওলাইট ব্যবহারের অনেক সুবিধা আছে।

জিওলাইট—সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, সিলিকন ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। ইহার সংগঠক অণুগুলি সাধারণ অণুর ন্যায় দুই-চারিটি পরমাণু দ্বারা গঠিত নহে। সহস্র সহস্র অ্যালুমিনিয়াম, অক্সিজেন ও সিলিকন পরমাণুর পরস্পরের সহিত সংযুক্তি দ্বারা গঠিত বিরাট অণুর কাঠামোটি হয় অনেকটা মৌচাকের মত। এই মৌচাকের ফাঁকে ফাঁকে থাকে সোডিয়াম আয়ন (Na^{+})। পরাবিদ্যুতায়িত সোডিয়াম আয়নগুলি জিওলাইট অণুর কাঠামো হইতে সহজেই বিচ্ছিন্ন হইতে পারে, কিন্তু ইহার অপরাবিদ্যুতায়িত অংশটি জিওলাইট কাঠামোর সঙ্গে অবিচ্ছেদ্য। সেইজন্য যখন ইহার মধ্য দিয়া ক্যালসিয়াম কিংবা ম্যাগ্নেসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ প্রবাহিত করা হয়, তখন জিওলাইটের সোডিয়ামের (Na^{+}) সহিত দ্রবণের ক্যালসিয়ামের (Ca^{++}) স্থানবিনিময় হয়। ফলে দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইড হয়, কিন্তু ক্যালসিয়াম আয়ন জিওলাইটের গায়ে আটকাইয়া যায়।

৩৩নং চিত্র—পারমুটিট ফিল্টার

ইহাতে সুবিধা এই যে, ইহার বিরাটকায় অণুগুলি অর্থাৎ অ্যালুমিনিয়াম, সিলিকন ও অক্সিজেনের গঠিত কাঠামো প্রায় বড় বড় বালুকণার মত হয়। সুতরাং খরজল ইহাদের মধ্য দিয়া বহিয়া গেলে, ইহারা জলের সহিত ধৌত হইয়া না গিয়া স্বস্থানে অবস্থান করে। জিওলাইটের প্রায় সমস্ত সোডিয়াম আয়ন যখন ক্যালসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তখন ইহার খরতা-দূরীকরণ-শক্তি লোপ পায়। এই জিওলাইটকে সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণে কিছুক্ষণ ভিজাইয়া রাখিলেই ইহা পুনরায় সোডিয়াম জিওলাইটে পরিণত হইয়া ইহার লুপ্ত শক্তি ফিরিয়া পাইবে।

$$\underline{CaZ} + 2NaCl \rightarrow CaCl_2 + \underline{2NaZ}$$

জিওলাইটের মত গুণবিশিষ্ট এবং ইহা অপেক্ষা অধিক শক্তিশালী কৃত্রিম খনিজ পদার্থ প্রস্তুত করা হইয়াছে। ইহাকে পারমুটিট (permutit) বলে। সেইজন্য পদ্ধতিটিকে 'পারমুটিট পদ্ধতি' (Permutit Process) বলা হয়। এই পদ্ধতিতে স্থায়ী অস্থায়ী সর্বপ্রকার খরতা স্বল্প ব্যয়ে দূর করা যায়। পূর্ব পৃষ্ঠায় পারমুটিট ফিল্‌টারের একটি চিত্র দেওয়া হইয়াছে।

Exercises

1. How will you prove by means of an experiment that water is composed of hydrogen and oxygen ? [জল যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত, উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে তাহা কিরূপে প্রমান করিবে ?

2. Describe with equations the action of water on the following : (a) Fe (b) Na_2O_2 (c) K (d) P_2O_5 (e) Mg (f) Al [নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়া (সমীকরণসহ) বর্ণণা কর। (ক) Fe ; (খ) Na_2O_2 (গ) K ; (ঘ) P_2O_5 (ঙ) Mg ; (চ) Al

3. Describe with diagram a suitable experiment for the determination of the volumetric composition of steam. [ষ্টীমের আযতন-সংযুতি নির্দ্ধারণের জন্য একটি উপযুক্ত পরীক্ষার সচিত্র বর্ণনা দাও।]

4. What do you understand by 'hard water' and 'soft water' ? What is the best way of removing the hardness of water ? [খর জল ও মৃদু জল কাহাকে বলে ? জলের খরতা দূর করিবার প্রকৃষ্টতম পন্থা কি ?]

5. What kind of water can be used for drinking purposes ? How is water purified for town-supply ? [পানীয় জল কিরূপ হওয়া উচিত ? সহরে সরবরাহের জন্য পানীয় জল কিভাবে পরিষ্কার করা হয় ?]

6. Why should hardwater not be used in the boiler ? What is kittle-fur ? How is it produced ? [খর জল বয়লারে ব্যবহার করা উচিত নয় কেন ? কেৎলীর গায়ে যে পাতলা সর পড়ে তাহা কি ? কিরূপে উহা উৎপন্ন হয় ?]

7. Explain the following terms with suitable examples. (a) Water of crystallisation (b) Efflorescence (c) Deliquescence [নিম্নলিখিত বাক্যগুলির অর্থ লিখ ও উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও :—
(ক) কেলাসন জল ; (খ) উদ-ত্যাগ, (গ) উদ-গ্রহ।]

একাদশ অধ্যায়

দ্রবণ ও দ্রাব্যতা (Solution and Solubility)

চিনি, লবণ প্রভৃতি কঠিন পদার্থ, এবং কোহল (alcohol), গ্লিসারিন প্রভৃতি তরল পদার্থ জলে দিলে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই অবস্থায় লবণ বা চিনি জলের সহিত ওতপ্রোতভাবে মিশিয়া থাকে, এবং খুব শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রেও ইহাদের পৃথক অস্তিত্বের সন্ধান পাওয়া যায় না। প্রকৃতপক্ষে দ্রবণের মধ্যে চিনির স্ফটিক ভাঙ্গিয়া ক্ষুদ্র হইতে ক্ষুদ্রতর হইয়া অদৃশ্য অণুতে পরিণত হয়। এই অণুগুলি জলের অণুর মধ্যে সর্বত্র সমানভাবে ছড়াইয়া পড়ে। সেইজন্য দ্রবণের সমস্ত অংশেই বিভিন্ন উপাদানের আনুপাতিক হার সমান হয়, অর্থাৎ দ্রবণ সর্বদাই সমসত্ত্ব।

একটি পরীক্ষানলে জলের মধ্যে কিছু বালু লইয়া নাড়িয়া দিলে জল ঘোলা দেখায়। এস্থলে বালুকণাগুলি জলে দ্রবীভূত না হইয়া ভাসমান থাকে এবং কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে নীচে থিতাইয়া যায়। বালুকণা খুব মিহি হইলে থিতাইতে দেরী হয়, আবার বালুকণার পরিবর্তে ময়দা গুলিয়া দিলে থিতাইতে আরও দেরী হয়। ময়দা বা বালুকণাগুলি পরিস্রাবণ দ্বারা জল হইতে পৃথক করিয়া লওয়া যায়, কিন্তু প্রকৃত দ্রবণের উপাদানগুলি পরিস্রাবণ দ্বারা পরস্পর হইতে পৃথক করা যায় না, এবং অনির্দিষ্ট কালের জন্য রাখিয়া দিলেও দ্রাব-কণিকাগুলি থিতাইয়া নীচে পড়ে না, অথবা উপরে ভাসিয়া উঠে না। সুতরাং ময়দা গোলা-জল প্রভৃতিকে প্রকৃত দ্রবণ বলা যায় না। ইহারা জলে ভাসমান পদার্থ মাত্র (suspension)।

কলয়েড দ্রবণ ঃ

অনেক সময় ভাসমান পদার্থের কণিকা এত ছোট হয় যে, আপাত-দৃষ্টিতে তাহাদিগকে প্রকৃত সমসত্ত্ব দ্রবণ বলিয়া ভ্রম হয়। এই ভাসমান কণিকাগুলি (অণুতে পরিণত না হইলেও) এত ছোট যে, ইহারা সাধারণ ফিল্টার-কাগজের ছিদ্রের মধ্য দিয়া চলিয়া যায় এবং বহুক্ষণ রাখিয়া দিলেও খুব বেশী থিতায় না। সাবান-জল কিংবা বার্লির জল এই ধরনের "দ্রবণ"। পরিস্রাবণ

দ্বারা ইহাদিগকে পৃথক করা না গেলেও ইহারা প্রকৃত দ্রবণ নহে। ইহাদের কণিকাগুলি ভাসমান অবস্থায় থাকে, এবং অতি-অণুবীক্ষণ যন্ত্রের (ultra-microscope) সাহায্যে ইহাদের দেখা যায়। ইহাদের **কলয়েড দ্রবণ** (colloids) বলা হয়। কলয়েড কণিকাগুলি ফিল্টার-কাগজের মধ্য দিয়া পার হইয়া গেলেও পার্চমেণ্ট-কাগজে আটকাইয়া যায়। সেইজন্য পার্চমেণ্ট বা সেলোফেন কাগজের সাহায্যে সাধারণ দ্রাব হইতে কলয়েডকে পৃথক করা যায়। এই পদ্ধতিকে **ঝিল্লী-বিশ্লেষণ** (Dialysis) বলে।

পরীক্ষা: সেলোফেন কাগজের একটি পুঁটুলির মধ্যে অথবা ঘণ্টাকৃতি ফানেলের শেষপ্রান্তে (চিত্র দেখ) সেলোফেন বা পার্চমেণ্ট-কাগজ শক্ত করিয়া বাঁধিয়া তাহার মধ্যে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI)-মিশ্রিত একটি স্টার্চ দ্রবণ লও। পুঁটুলি বা ফানেলটি একটি জলপূর্ণ বৃহৎ পাত্রে ঝুলাইয়া দাও। পটাসিয়াম আয়োডাইড সেলোফেন কাগজের মধ্য দিয়া বাহিরের জলপাত্রে চলিয়া যাইবে, কিন্তু স্টার্চ পুঁটুলির ভিতর থাকিয়া যাইবে। বাহিরের জলের কিয়দংশে কয়েক ফোঁটা ক্লোরিন-জল দিলে দ্রবণটি আয়োডিনের জন্য পীতবর্ণ হইবে। স্টার্চ বাহিরে না আসায় দ্রবণের রং নীল হয় না।

৩০নং চিত্র—ঝিল্লী-বিশ্লেষণ

দ্রবণ কোনো যৌগিক পদার্থ নহে: দ্রবণে দুইটি পদার্থ সমসত্ত্ব ভাবে মিশিয়া থাকিলেও ইহারা কোনো যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে না। যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা স্থির থাকে, কিন্তু দ্রবণের মধ্যে উপাদানগুলির অনুপাত একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তিত হইতে পারে। সুতরাং দ্রবণ বলিতে আমরা বুঝি, দুই বা ততোধিক পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণ, যাহাদের উপাদানগুলির অনুপাত নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তিত করা যায়।

দ্রবণের মধ্যে যে উপাদানটি অধিক পরিমাণে থাকে তাহাকে **দ্রাবক** (Solvent), এবং যেটির পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম তাহাকে **দ্রাব** (Solute) বলা হয়।

জলই সর্বাপেক্ষা সুলভ ও বহুপ্রচলিত দ্রাবক। জল ব্যতীত আরও কয়েকটি দ্রাবকের সহিতও আমাদের অল্পবিস্তর পরিচয় আছে। শরীরের কোনো স্থান কাটিয়া বা ছড়িয়া গেলে আমরা যে টিংচার আয়োডিন ব্যবহার করি তাহা কোহলে আয়োডিনের দ্রবণ। তেল, ঘি প্রভৃতি জলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু পেট্রোল বা বেন্‌জীনে দ্রবীভূত হয়। সেইজন্য পশমী বস্ত্রাদি পরিষ্কৃত করার জন্য পেট্রোল ব্যবহার করা হয়। রবার পেট্রোলে দ্রবণীয় বলিয়া এই দ্রবণ দিয়া সাইকেল-টিউবের বা ফুটবল-ব্লাডারের ছিদ্র মেরামত করা হয়। গালা বা লাক্ষা (Lac) মেথিলেটেড স্পিরিটে দ্রবণীয়। কাঠের আসবাবপত্রের জন্য ছুতারমিস্ত্রিগণ যে বার্নিস ব্যবহার করে, তাহা মেথিলেটেড স্পিরিটে গালার দ্রবণ।

সম্পৃক্ত দ্রবণ (Saturated Solution)ঃ একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকের কোনো পদার্থ দ্রবীভূত করার ক্ষমতা সীমাবদ্ধ। এক গ্লাস জলে যদি ক্রমাগত চিনি দেওয়া যায়, তবে প্রথম প্রথম চিনি সম্পূর্ণ গুলিয়া যাইবে, শেষে আরও বেশী চিনি দিলে তাহা নীচে পড়িয়া থাকিবে। ঐ অবস্থায় ঐ পরিমাণ জলের পক্ষে যতটা চিনি দ্রবীভূত করা সম্ভব, তাহা দ্রবীভূত হইয়াছে ও বাকী অংশ নীচে পড়িয়া আছে। সুতরাং দ্রবণটি চিনি দ্বারা সম্পৃক্ত হইয়াছে বলা যাইতে পারে। এইরূপ দ্রবণকে **সম্পৃক্ত দ্রবণ** (Saturated Solution) বলা হয়।

এই সম্পৃক্ত দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে, নীচে অদ্রবীভূত চিনির কিছু অংশ দ্রবীভূত হইয়া গিয়াছে। সুতরাং উষ্ণতার সঙ্গে জলে চিনির দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পাইয়াছে বলা যায়। অর্থাৎ কোনো পদার্থের দ্রাব্যতা দ্রাবকের উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল।

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম্ দ্রাবকের সম্পৃক্ত দ্রবণ করিতে যে পরিমাণ দ্রাবের প্রয়োজন হয়, তাহাই উহার **দ্রাব্যতা** (Solubility)।

দ্রাব্যতা নির্ণয়

পরীক্ষা : 50° সে. গ্রে. উষ্ণতায় জলে পটাসিয়াম ক্লোরেটের দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

একটি বীকারে 50 সি. সি. পাতিত জল লইয়া তাহাতে কিছু বেশী করিয়া পটাসিয়াম ক্লোরেট চূর্ণ দিয়া বীকারটি তারজালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত কর ও কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়িতে থাক। উষ্ণতা বুঝিবার জন্য জলে একটি তাপমান-যন্ত্র (থার্মোমিটার) ঝুলাইয়া দাও। জলের উষ্ণতা 60° সে. গ্রে. হইলে যদি নীচে পটাসিয়াম ক্লোরেট পড়িয়া না থাকে, তবে আরও কিছু পটাসিয়াম ক্লোরেট দিয়া ভালভাবে নাড়িয়া দাও। অতঃপর বীকারটির তিন-চতুর্থাংশ 50° সে. গ্রেডে রক্ষিত একটি জলাধারে (Thermostat) কিছুক্ষণ ডুবাইয়া রাখ। বেশ কিছুক্ষণ এইভাবে রাখিলে বীকারটি ও তন্মধ্যস্থ দ্রবণের উষ্ণতাও 50° হইবে। তখন উপরের পরিষ্কার দ্রবণের কিয়দংশ যতশীঘ্র সম্ভব একটি ওজন-করা পর্সেলীন খর্পরের (basin) মধ্যে সাবধানে ঢালিয়া দ্রবণসুদ্ধ খর্পরটি পুনরায় ওজন কর। তারপর খর্পরটি একটি জল-গাহের (Water bath) উপর উত্তপ্ত করিয়া বিশুষ্ক কর। বিশুষ্ক খর্পরটি শীতল হইলে পুনরায় তাহার ওজন লও।

মনে কর কোনো পরীক্ষায়,

গণনা : খর্পরের ওজন $= w_1$ গ্রাম্

খর্পর + দ্রবণের " $= w_2$ "

খর্পর + লবণ (বিশুষ্ক) $= w_3$ "

সুতরাং, দ্রবণের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম্

লবণের ওজন $= (w_3 - w_1)$ "

জলের ওজন $= (w_2 - w_1) - (w_3 - w_1)$

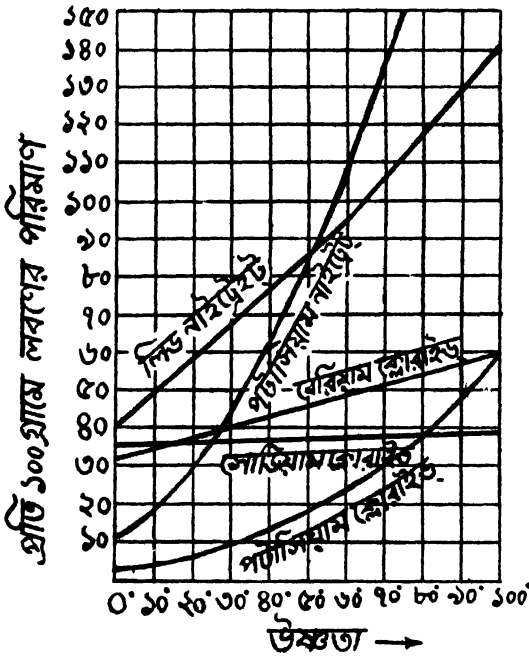
$= (w_2 - w_3)$ গ্রাম্

অতএব 50° উষ্ণতায়,

$(w_2 - w_3)$ গ্রাম্ জলে $(w_3 - w_1)$ গ্রাম্ লবণ দ্রবীভূত হয়।

অতএব, 100 গ্রাম্ জলে $\frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100$ গ্রাম্ লবণ দ্রবীভূত হয়।

সুতরাং, $\frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100$, পটাসিয়াম ক্লোরেটের দ্রাব্যতা (50° সে. গ্রে. উষ্ণতায়)।

দ্রাব্যতা-লেখ (Solubility curves) : উষ্ণতার সহিত দ্রাব্যতার পরিবর্তনের হার সকল ক্ষেত্রে সমান নহে। কখনো কখনো দ্রাব্যতা অত্যন্ত দ্রুত বৃদ্ধি পায়, আবার কখনো বা পরিবর্তন অতি সামান্য হয়। উষ্ণতার

৩৬নং চিত্র—দ্রাব্যতা-লেখ

সহিত দ্রাব্যতার পরিবর্তন দ্রাব্যতা-লেখের সাহায্যে ভালরূপ বুঝা যায়। নিম্নে কয়েকটি দ্রবণের দ্রাব্যতা-লেখ দেওয়া হইল।

অতিপৃক্ত দ্রবণ (Super-Saturated Solution) : কোনো

পদার্থের দ্রাব্যতা বুঝাইবার জন্য অনেক সময় বলা হয় যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম্ দ্রাবক যতখানি পদার্থ দ্রবীভূত করিতে পারে, তাহাই উহার দ্রাব্যতা। ইহাতে কিছুটা ভুল থাকিয়া যায়। কারণ, অনেক সময় দেখা যায় যে কোনো দ্রবণকে উচ্চতর উষ্ণতায় সম্পৃক্ত করিয়া কোনোরূপ নাড়াচাড়া না করিয়া ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হইতে দিলে উহা হইতে কোনো স্ফটিক পৃথক হয় না। অর্থাৎ ঐ উষ্ণতায় উক্ত জলের পক্ষে সম্পৃক্ত-দ্রবণ করিতে যত দ্রাব লাগা উচিত তদপেক্ষা অধিক দ্রাব ইহাতে দ্রবীভূত রহিয়াছে। এখন এই দ্রবণে উক্ত দ্রাবের একটি ক্ষুদ্র কণিকা ফেলিয়া দিলে ইহা হইতে দ্রবীভূত পদার্থের বাড়তি অংশ স্ফটিকাকারে পড়িয়া যাইবে। এইরূপ দ্রবণকে **অতিপৃক্ত দ্রবণ (Super-Saturated Solution)** বলা হয়। ✓

পরীক্ষা ঃ একটি বড় পরীক্ষানলের অর্ধেক 'হাইপো' চূর্ণ (সোডিয়াম থাইওসাল্ফেট) দ্বারা পূর্ণ করিয়া নলের মুখটি একখণ্ড তুলা দ্বারা আবৃত কর। এখন পরীক্ষানলটি একটি বীকারের ফুটন্ত জলে ডুবাইলে হাইপো তাহার আপন স্ফটিকোদকে (water of crystallisation) দ্রবীভূত হইয়া খুব গাঢ় দ্রবণে পরিণত হইবে। এই দ্রবণটি হাইপোর অতিপৃক্ত দ্রবণ। এখন ইহাতে হাইপোর একটি ক্ষুদ্র কণিকা ফেলিয়া দিলে হাইপো কেলাসিত হইয়া সমস্ত তরল পদার্থটি কঠিন হইয়া যাইবে। অতিপৃক্ত দ্রবণ খুবই অস্থায়ী ; একটু নাড়াচাড়া করিলেই অনেক সময় ইহা হইতে দ্রবীভূত পদার্থের অতিরিক্ত অংশ বাহির হইয়া আসে। সুতরাং দ্রাব্যতা বুঝাইতে গেলে বলা উচিত—'নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম্ দ্রাবক সম্পৃক্ত করিতে যতখানি দ্রাব লাগে, তাহাই দ্রাব্যতা'।

অসম্পৃক্ত দ্রবণ ঃ যে সব দ্রবণে সম্পৃক্ত দ্রবণ অপেক্ষা দ্রাবের পরিমাণ কম থাকে তাহাদের **অসম্পৃক্ত দ্রবণ (Unsaturated Solution)** বলে। দ্রাবের পরিমাণের কম-বেশী অনুসারে দ্রবণকে লঘু, গাঢ় ইত্যাদি বলা হয়। কিন্তু ইহা দ্বারা দ্রাবের প্রকৃত পরিমাণ কিছু জানা যায় না। প্রকৃত পরিমাণ জানিতে হইলে দ্রবণের শক্তি বা গাঢ়তা (concentration) জানা প্রয়োজন। দ্রবণের গাঢ়তা, নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকের

মধ্যে দ্রাবের পরিমাণ নির্দেশ করে। 100 গ্রাম্ দ্রাবকে যত গ্রাম্ দ্রাব থাকে, দ্রবণের গাঢ়তা শতকরা ততভাগ হয়। যেমন, 100 গ্রাম্ জলে যদি 10 গ্রাম্ লবণ থাকে তবে ঐ দ্রবণটিকে শতকরা 10 ভাগ গাঢ় বলা হয়।

কোনো পদার্থ দ্রবীভূত করিতে হইলে নিম্নলিখিত উপদেশগুলি স্মরণ রাখা প্রয়োজন।

(১) বড় বড় টুকরা অপেক্ষা চূর্ণ অবস্থায় দ্রবণ দ্রুত হয়।

(২) দ্রাবকের পরিমাণ দ্রাব অপেক্ষা অধিক হইলে ভাল।

(৩) নাড়াচাড়া বা মন্থন দ্রবণের সহায়ক।

(৪) উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে দ্রবণ আরও সহজ হয়।

দ্রবণের কয়েকটি ধর্ম : বিশুদ্ধ জল (প্রমাণ বায়ুচাপে) 100° সে. গ্রেডে ফুটিতে থাকে ; কিন্তু জলের মধ্যে কিছু লবণ বা চিনি ফেলিয়া দিলে উহা 100°তে না ফুটিয়া আরও অধিক উষ্ণতায় ফুটিবে ; অর্থাৎ দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ দ্রাবক অপেক্ষা অধিক। কত অধিক হইবে, তাহা নির্ভর করে দ্রবণের গাঢ়তার উপর।

আবার, বিশুদ্ধ জল 0° সে. গ্রেডে জমিয়া বরফ হয়, কিন্তু জলীয় দ্রবণ হইতে বরফ পাইতে হইলে উষ্ণতা আরও কমাইতে হয়। অর্থাৎ দ্রবণের হিমাঙ্ক বিশুদ্ধ দ্রাবক অপেক্ষা কম, এবং কত কম তাহা এক্ষেত্রেও নির্ভর করে দ্রবণের গাঢ়তার উপর।

গ্যাসীয় পদার্থের দ্রাব্যতা : কঠিন ও তরল পদার্থ যেমন জলে দ্রবীভূত হয়, সেইরূপ অনেক গ্যাসও জলে দ্রবীভূত হয়। সোডাওয়াটার বা লিমনেড, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের জলীয় দ্রবণ। বাতাসের অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন গ্যাসও জলে দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবীভূত অক্সিজেনের সাহায্যেই মাছেরা শ্বাসপ্রশ্বাসের কার্য চালাইয়া থাকে। জলে যে বাতাস দ্রবীভূত থাকে নীচের পরীক্ষাটি হইতে তাহা সহজেই বুঝিতে পারিবে।

পরীক্ষা : একটি বীকারের তিন-চতুর্থাংশ পরিষ্কার জলে পূর্ণ কর ও তাহার মধ্যে একটি হ্রস্বনল ফানেল উলটাইয়া বসাও, যেন ফানেলটি

সম্পূর্ণভাবে জলে ডুবিয়া থাকে। এখন ফানেলে নলের উপর একটি জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল উপুড় করিয়া দিয়া বীকারটি তারজালির উপর উত্তপ্ত কর। দেখিবে, বুদ্‌বুদাকারে গ্যাস উঠিয়া পরীক্ষা-নলে সঞ্চিত হইতেছে।

ইহাতে বুঝিতে পারিলে যে, জলের মধ্যে বায়ু দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, এবং উষ্ণতাবৃদ্ধির সহিত জলে গ্যাসের দ্রাব্যতা হ্রাস পায় বলিয়া উত্তাপ প্রয়োগের ফলে এই বায়ু বাহির হইয়া আসে।

চাপবৃদ্ধি করিলে জলে গ্যাসের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। সোডার জলে (Soda water) উচ্চচাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকে। বোতল খুলিলে চাপ হ্রাস পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতাও কমিয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বুদ্‌বুদাকারে উঠিয়া ফেণার সৃষ্টি করে।

দ্রাবক ও দ্রাবের পৃথকীকরণ

তরল পদার্থে কঠিন পদার্থের দ্রবণ হইলে পাতনের সাহায্যে দ্রাবকটি পৃথক করিয়া লওয়া যায়। কিন্তু দ্রাবক ও দ্রাব উভয়েই তরল হইলে সাধারণ পাতনের দ্বারা তাহাদের পৃথক করা যায় না। কারণ উহাতে উভয় তরল পদার্থই বাষ্পীভূত হওয়ার ফলে পাতিত অংশে উভয়েই কিছু পরিমাণে থাকিবে। ইহাদের পৃথক করিতে হইলে আংশিক পাতনের সাহায্য লইতে হয়।

আংশিক পাতন (Fractional Distillation)ঃ দ্রবণের অন্তর্ভুক্ত তরলপদার্থ দুইটির স্ফুটনাঙ্ক ভিন্ন হইলে আংশিক পাতনের দ্বারা তাহাদের পৃথক করা সম্ভব। বেন্‌জীন (Benzene) ও টলুয়িন্ (Toluene) পরস্পরে দ্রবীভূত হয়, এবং ইহাদের স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 80° ও 110°। ইহাদের মিশ্রণকে পাতিত করিলে প্রথম যে অংশ সংগৃহীত হইবে, তাহাতে বেন্‌জীনের ভাগ বেশী থাকিবে এবং পাতন-কুপীতে অবশিষ্ট তরল পদার্থে টলুয়িনের ভাগ বেশী হইবে। পাতিত অংশটি পুনরায় পাতিত করিলে তাহাতে বেন্‌জীনের ভাগ আরও বৃদ্ধি পাইবে। এইরূপ বারবার পাতিত

করিলে ক্রমে এক অংশে বিশুদ্ধ বেন্‌জীন, ও অপর অংশে বিশুদ্ধ টলুয়িন্‌ পাওয়া যাইবে। ইহাই আংশিক পাতন।

স্ফটিকীকরণ বা কেলাসন: পূর্বে দেখিয়াছি যে, কপার সাল্‌ফেট-গোলা জল হইতে জল পাতিত করিলে পাতন-কূপীতে কপার সাল্‌ফেট দ্রবণটি ক্রমশ গাঢ়তর হইতে থাকে। এই গাঢ় দ্রবণটি ঠাণ্ডা হইতে দিলে ইহা হইতে নীল দানার মত কপার সাল্‌ফেটের স্ফটিক বাহির হয়। উষ্ণতা হ্রাস করায় দ্রাব্যতা কমিয়া যায় এবং অতিরিক্ত অংশ নীচে পড়িয়া যায়। আরও দেখা যায় যে, দ্রবণটি খুব ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হইতে দিলে স্ফটিকের আকার খুব বড হয়।

পরীক্ষা: সাধারণ উষ্ণতায় একটি ফিট্‌কিরির সম্পৃক্ত দ্রবণে সুতায়-বাঁধা ছোট একটি ফিট্‌কিরির দানা ঝুলাইয়া ২/৩ দিন রাখিয়া দাও। দেখিবে, সেই দানাটিকে অবলম্বন করিয়া একটি বৃহৎ স্ফটিক গড়িয়া উঠিয়াছে। দ্রবণ দ্রুত ঠাণ্ডা করিলে বা নাড়িতে থাকিলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র স্ফটিক পাওয়া যায়।

আংশিক কেলাসন: আংশিক পাতনের সাহায্যে যেমন বিভিন্ন স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট দুইটি তরল পদার্থকে পৃথক করা যায়, সেইরূপ একই উষ্ণতায় দ্রাব্যতার প্রভেদের সুযোগ লইয়া দুইটি কঠিন পদার্থের তরল দ্রবণ হইতে তাহাদের পৃথক কবা সম্ভব। এই উপায়ে অনেক সময় অবিশুদ্ধ লবণ হইতে বিশুদ্ধ লবণ প্রস্তুত করা হয়।

পরীক্ষা: একটি 100 সি. সি. বীকারে 50 সি. সি. জল লইয়া তাহা প্রায় 80°তে পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়। ইহাতে সামান্য কিছু সোডিয়াম ক্লোরাইডও মিশাইয়া দেওয়া হয়। এখন দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিলে নীচে সাদা সাদা দানা পড়িয়া যাইবে। পরিস্রাবণ করিলে এই দানাগুলি ফিল্‌টার কাগজের উপর থাকিয়া যাইবে। সামান্য বরফজল দ্বারা দানাগুলি ধৌত করিয়া একটি শুষ্ক ফিল্‌টার কাগজের ভাঁজে লইয়া শুষ্ক করা হয়। এই সাদা গুঁড়াটি পটাসিয়াম নাইট্রেট। ইহার লঘু দ্রবণ সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে ইহার সহিত কোনো

সোডিয়াম ক্লোরাইড আসে নাই। উচ্চতর উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেট সোডিয়াম ক্লোরাইড অপেক্ষা অনেক বেশী দ্রাব্য। আবার উষ্ণতা হ্রাস করিলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা অনেক কমিয়া যায়, কিন্তু সোডিয়াম ক্লোরাইডে দ্রাব্যতার খুব বেশী পরিবর্তন হয় না। সেইজন্য সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত থাকে, কিন্তু পটাসিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হইয়া পড়িয়া যায়। **মাদাম ক্যুরী** আংশিক কেলাসন দ্বারা বেরিয়াম ব্রোমাইড হইতে রেডিয়াম ব্রোমাইড পৃথক করিয়া ছিলেন।

*** স্ফটিকাকার (Crystal Structure) :**

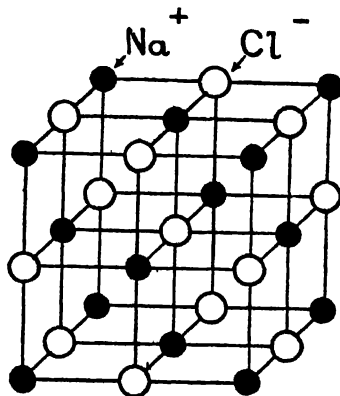
পূর্বের পরীক্ষায় আমরা ফিট্‌কিরির যে স্ফটিক পাইয়াছি সেটি পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে, তাহার আটটি তল বা তট (face) আছে। এই সমতল তটগুলি আবার পরস্পরকে ছেদ করিয়াছে। জ্যামিতির ভাষায় বলিতে গেলে স্ফটিকটিকে অষ্ট-তলক (Octahedron) বলা যায়। স্ফটিক বড়ই হউক আর ছোটই হউক, ইহার জ্যামিতিক আকার মূলত একই থাকে; এবং বিভিন্ন তলগুলির অন্তর্বর্তী কোণ সর্বদাই এক হয়।

৩৭নং চিত্র—স্ফটিকাকার

অধিকাংশ কঠিন পদার্থই একটা নির্দিষ্ট স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক ঘনকাকৃতি, পটাসিয়াম নাইট্রেটের স্ফটিক রম্বসাকৃতি, ইত্যাদি। স্ফটিকের আকার ইত্যাদি অনেক সময় অনেক কঠিন পদার্থকে চিনিতে সাহায্য করে। বর্তমানে X-রশ্মির সাহায্যে গবেষণার ফলে জানা গিয়াছে যে, পদার্থের কণিকাগুলি কাগজের ছকের মত পরস্পরের সহিত সংলগ্ন হওয়ার ফলে যে বিশেষ ধরনের

আকার পায় তাহারই ত্রিমাত্রিক বৃদ্ধির ফলে এক-একটি স্ফটিক-কোষের (crystal cell) সৃষ্টি হয় এবং মৌচাকের মত এই কোষের আশে-পাশে চতুর্দিকে একই ধরনের কোষ জন্মানোর ফলে দর্শন-গ্রাহ্য বড় বড় স্ফটিকের সৃষ্টি হয়। সুতরাং স্ফটিকের বাহিরের আকৃতি তাহার ভিতরের এই কোষের আকৃতির প্রতিফলন মাত্র।

X-রশ্মি পরীক্ষা দ্বারা আরও জানা গিয়াছে যে স্ফটিক-কোষ-গঠনকারী কণিকাগুলি পরমাণু, অণু অথবা আয়নও হইতে পারে।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের মত যে সকল যৌগিকপদার্থের উপাদানগুলির মধ্যে আয়নীয় বন্ধনী (Ionic bond) থাকে, তাহাদের স্ফটিকেও উপাদান-গুলি আয়ন হিসাবেই থাকে। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিকে

৩৮নং চিত্র

একটি সোডিয়াম আয়নকে বেষ্টন করিয়া সমান দূরে দূরে থাকে ছয়টি ক্লোরাইড আয়ন; আবার প্রতিটি ক্লোরাইড আয়নকে সমান দূরে দূরে বেষ্টন করিয়া থাকে ছয়টি সোডিয়াম আয়ন। এইভাবে ছয়দিকেই আয়ন-গুলি সজ্জিত হইয়া যায়।

উপরের চিত্রে যে একক কোষটি দেখানো হইল, উহার চতুষ্পার্শ্বে আরও অনেক অনুরূপ কোষ গড়িয়া ওঠার ফলে স্ফটিকের সৃষ্টি হয়। সোডিয়াম

ক্লোরাইডে প্রকৃতপক্ষে সোডিয়াম ক্লোরাইড অণু বলিয়া কিছু থাকে না, নির্দিষ্ট দূরত্বে সোডিয়াম ও ক্লোরাইড আয়ন ঘনকের কোণে কোণে সাজানো থাকে, এবং বৈদ্যুতিক আকর্ষণের সাহায্যে পরস্পরকে নিকটে ধরিয়া রাখে।

কাচ, পিচ্ প্রভৃতি কতকগুলি কঠিন বস্তু আছে যাহাদিগকে কোনো স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায় না। ইহাদিগকে **অনিয়তাকার** (amorphous) পদার্থ বলা হয়।

স্ফটিকাকার পদার্থ মাত্রেই একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গলিয়া যায়; ইহাকে উহার **গলনাঙ্ক** বলে। কিন্তু কাচ প্রভৃতি অনিয়তাকার পদার্থের গলনাঙ্ক বলিয়া কিছু থাকে না। ইহারা প্রথমে নরম হয়, তৎপর ধীরে ধীরে তরল পদার্থে পরিণত হয়।

কেলাসন জল (Water of crystallisation): জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসনকালে অনেক লবণের স্ফটিকে কিছু জল থাকিয়া যায়। ইহাকে **কেলাসন জল** (Water of crystallisation) বলে।

স্ফটিকের মধ্যে লবণের প্রতি অণুতে কয়েকটি নির্দিষ্টসংখ্যক জলের অণু বর্তমান থাকে। যেমন, কপার সাল্‌ফেটে ৫টি ($CuSO_4,5H_2O$), জিঙ্ক সাল্‌ফেটে ৭টি ($ZnSO_4, 7H_2O$) ইত্যাদি। যে সকল লবণের স্ফটিকে কেলাসন জল থাকে তাহাদিগকে **সোদক লবণ** (hydrated salt) বলে, এবং যাহাদের কোনো কেলাসন জল থাকে না তাহাদিগকে **নিরুদক লবণ** (anhydrous salt) বলে। কপার সাল্‌ফেট ($CuSO_4,5H_2O$), ম্যাগ্‌নেসিয়াম সাল্‌ফেট ($MgSO_4, 7H_2O$) প্রভৃতি সোদক লবণ, এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl), অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl), পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) প্রভৃতি নিরুদক লবণ।

কেলাসন জলের অণুগুলির জন্য স্ফটিক-কোষে স্থান নির্দিষ্ট থাকে, এবং স্ফটিকের বিশেষ গঠনের জন্য ইহারাও আংশিক ভাবে দায়ী। সেইজন্য কোনো সোদক স্ফটিককে উত্তপ্ত করিয়া তাহার কেলাসন জল অপসারিত করিলে স্ফটিকটিও ভাঙিয়া গুঁড়া হইয়া যায়।

পরীক্ষা : একটি পরীক্ষানলে নীল কপার সাল্‌ফেটের কয়েকটি বড় টুকরা লইয়া উত্তপ্ত কর। দেখিবে, কপার সাল্‌ফেটের জল বাষ্পীভূত হইয়া পরীক্ষানলের গাত্রের উপরাংশে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দুর আকারে সঞ্চিত হইয়াছে, এবং কপার সাল্‌ফেটটি সাদা গুঁড়ায় পরিণত হইয়াছে। এই সাদা গুঁড়া নিরুদক কপার সাল্‌ফেট, ইহাতে এক ফোঁটা জল দিলেই ইহা নীলবর্ণ সোদক কপার সাল্‌ফেটে পরিণত হইবে।

সোদক ও নিরুদক লবণের এই পার্থক্যের জন্য কোবাল্ট ক্লোরাইড দ্রবণের দ্বারা এক অদৃশ্য কালি প্রস্তুত করা যায়।

পরীক্ষা (অদৃশ্য কালি) : কোবাল্ট ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা একটি কাগজে কিছু লিখিয়া তাহা শুষ্ক কর। দ্রবণটি লঘু থাকায় লেখা প্রায় অদৃশ্য থাকিবে। এখন কাগজটি সাবধানে বুন্‌সেন-দীপের উপর ধরিলে কোবাল্ট ক্লোরাইড ($CoCl_2,6H_2O$) হইতে কেলাসন জল বাষ্পীভূত হইয়া যাইবে, এবং কাগজের উপর সুন্দর সবুজ রং-এর অক্ষর ফুটিয়া উঠিবে।

✓ **কেলাসন জল নির্ণয় :** বেরিয়াম ক্লোরাইডের ($BaCl_2,2H_2O$) কেলাসন জলের অনুপাত নির্ণয় :—

পরীক্ষা : ঢাক্‌নী সহ একটি পরিষ্কার শুষ্ক পর্সেলীন মুচির ওজন লও। ইহাতে 2 গ্রাম্ আন্দাজ বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2, 2H_2O$) চূর্ণ দিয়া পুনরায় ওজন কর। অতঃপর মুচিটি একটি ত্রিকোণ মুষাধারের (Clay-pipe triangle) উপর ঈষৎ উন্মুক্ত অবস্থায় রাখিয়া বুন্‌সেন-দীপের সাহায্যে প্রথমে ধীরে ধীরে ও পরে লোহিত-তপ্ত করিয়া মোট প্রায় বিশ মিনিটকাল উত্তপ্ত কর। তারপর মুচিটি শোষকাধারে (Desiccator) ঠাণ্ডা করিয়া ঢাক্‌নী সহ ওজন কর। কয়েকবার এইরূপ উত্তপ্ত করিয়া ও ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লওয়ার পর যখন দেখিবে যে ওজন প্রায় স্থির আছে, তখন সেইটিই শেষ ওজন বলিয়া লিখিবে।

গণনা : ঢাক্‌নী সহ মুচির ওজন = a গ্রাম্

ঢাক্‌নী + মুচি + বেরিয়াম ক্লোরাইডের (সোদক) ওজন = b গ্রাম্

ঢাকনী + মুচি + নিরুদক
বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন = c গ্রাম্

সুতরাং, সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $=(b-a)$ গ্রাম্

কেলাসন জলের ওজন $=(b-c)$ গ্রাম্

নিরুদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $=(c-a)$ গ্রাম্

অতএব, স্ফটিকে জলের শতকরা হার $=\frac{b-c}{b-a}\times 100$।

কতকগুলি লবণ বাতাসে রাখিয়া দিলে তাহারা বাতাস হইতে জল টানিয়া সেই জলে দ্রবীভূত হয়। ইহাদের **উদগ্রাহী লবণ** (Deliquescent salt) বলে ; যেমন, ক্যাল্সিয়াম ক্লোরাইড। আবার, সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3, $10H_2O$) প্রভৃতি বাতাসে রাখিয়া দিলে সাধারণ উষ্ণতাতেই তাহারা কেলাসন জল আংশিক ভাবে ছাড়িয়া দেয়। ইহাদের **উদত্যাগী লবণ** (Efflorescent salt) বলা হয়।

Exercises

1. What do you understand by 'solution' and 'solubility' ?
[দ্রবণ ও দ্রাব্যতা বলিতে কি বোঝ ?]

2. What is a 'saturated' and 'super-saturated' solution ?
[সম্পৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ কাহাকে বলে ?]

3. What is a 'colloid' ? What are the differences between a colloidal solution and a true solution ? [কলয়েড্ কাহাকে বলে ? সাধারণ দ্রবণের সহিত কলয়েডের পার্থক্য কি ?]

4. What is dialysis ? To what use is it put ? [ঝিল্লী-বিশ্লেষণ কি ? ইহা কোন্ কাজে লাগে ?]

দ্বাদশ অধ্যায়

বায়ুমণ্ডলী ও তাহার উপাদান

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলীর প্রধান উপাদান হইলেও, ইহার সহিত হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আর্গন (A), ক্রপ্‌টন (Kr), জীনন (Xe) প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাস, কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), জলীয় বাষ্প প্রভৃতিও অল্পাধিক পরিমাণে মিশ্রিত থাকে। এতদ্ব্যতীত স্থানবিশেষে সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), অ্যামোনিয়া (NH_3), হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড (H_2S) প্রভৃতিও কখনো কখনো স্বল্প পরিমাণে বিদ্যমান থাকে।

স্থান বিশেষে বায়ুতে এই সমস্ত বিভিন্ন গ্যাসের পরিমাণের কিঞ্চিৎ ইতরবিশেষ হইলেও, ইহাদের পরিমাণের পারস্পরিক অনুপাত মোটামুটি স্থির থাকে। নিম্নের তালিকায় ইহাদের পরিমাণের শতকরা হার দেওয়া হইল।

উপাদান	মোট আয়তনের শতকরা হার	মোট ওজনের শতকরা হার
নাইট্রোজেন (N_2)	78·03	75 51
অক্সিজেন (O_2)	20·99	23·51
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ (Innert gases)	0·95	1·30
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	0·03	0 04
জলীয় বাষ্প	অনির্দিষ্ট	অনির্দিষ্ট
অন্যান্য গ্যাস	অনির্দিষ্ট	অনির্দিষ্ট

বায়ু মিশ্র পদার্থঃ

বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের পারস্পরিক হারের এইরূপ স্থিরতার জন্য অনেক সময় ইহাকে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যোগ বলিয়া ভ্রম হয়। আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, ফস্‌ফরাসের সাহায্যে বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারিত করিলে নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকে। কিন্তু বায়ুতে নাট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত অবস্থায় থাকে অথবা সাধারণ ভাবে মিশ্রিত থাকে, উক্ত পরীক্ষা হইতে তাহার কিছুই প্রমাণ পাওয়া যায় না। বায়ুকে মিশ্রপদার্থ রূপে প্রমাণের জন্য নিম্নলিখিত যুক্তিগুলি দেওয়া যাইতে পারে :—

১। বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের হার **মোটামুটি** এক হইলেও স্থানবিশেষে কিছুটা তারতম্য দেখা যায়। কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদানের অনুপাতে এই সামান্য তারতম্যও দেখা যায় না। সুতরাং বায়ু যৌগিক পদার্থ নহে।

২। বায়ুর ওজনের শতকরা প্রায় 75·5 ভাগ নাইট্রোজেন ও 23·5 ভাগ অক্সিজেন। সুতরাং যৌগিক পদার্থ হইলে ইহার আণবিক সংকেত (স্থূল) হইবে $N_{15}O_4$, এবং সেই হিসাবে ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব হওয়া উচিত 137 ; কিন্তু পরীক্ষা দ্বারা দেখা যায় যে বায়ুর ঘনত্ব 14·4। বায়ুকে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ ধরিয়া হিসাব করিলে এই ঘনত্ব পাওয়া যায়। কারণ, প্রতি 100 ঘনায়তন বায়ুর মধ্যে 20 ভাগ অক্সিজেন ও 80 ভাগ নাইট্রোজেন থাকে। সুতরাং বাতাসের ঘনত্ব যদি D হয়, তবে

$$100 \times D = 80 \times 14 + 20 \times 16$$

$$\therefore D = 14{\cdot}4$$

৩। বায়ুর উপাদানগুলিকে সহজেই পরস্পর হইতে পৃথক করা সম্ভব। যেমন,—

(ক) **গ্যাস-ব্যাপন দ্বারা** (Diffusion)ঃ একটি সূক্ষ্ম-ছিদ্র-বিশিষ্ট পর্দোলীন নলে বাতাস আবদ্ধ করিয়া রাখিলে অক্সিজেন অপেক্ষা

নাইট্রোজেন অধিক পরিমাণে বাহির হইয়া যাইবে এবং বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইবে। (গ্রাহামের সূত্র দেখ।)

(খ) **জলে দ্রবীভূত করিয়া :** জলে দ্রবীভূত বাতাসে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত হয় 2 : 1, কিন্তু সাধারণ বাতাসে এই অনুপাত 4 : 1। বাতাস যৌগিক পদার্থ হইলে কেবলমাত্র দ্রবণের জন্য আনুপাতিক হারের এই পরিবর্তন কদাপি হইত না।

(গ) **আংশিক পাতনের সাহায্যে :** বাতাসকে ঠাণ্ডা অবস্থায় চাপ দিয়া তরল করিয়া, সেই তরল বাতাস হইতে আংশিক পাতনের সাহায্যে অক্সিজেন হইতে নাইট্রোজেনকে পৃথক করা যায়। অপর পক্ষে, কোনো যৌগিক পদার্থ পাতিত করিলে পাতিত অংশে উপাদানগুলির অনুপাতের কোনো পরিবর্তন হয় না।

৪। চার ভাগ নাইট্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া 'কৃত্রিম বায়ু' প্রস্তুত করিলে প্রস্তুতকালে কোনোরূপ তাপ-বিনিময় দেখা যায় না। কিন্তু যৌগিক পদার্থ প্রস্তুতকালে সাধারণত তাপ-বিনিময় হয়।

বিভিন্ন গ্যাসের মিশ্রণ হইলেও বায়ুতে উপাদানগুলির অনুপাতে যে স্থিরতা দেখা যায় তাহা বাস্তবিকই চমকপ্রদ। অসংখ্য প্রাণীর নিঃশ্বাস-প্রশ্বাস, অঙ্গারের দহন প্রভৃতির ফলে একদিকে বাতাসের অক্সিজেন যেমন ক্রমাগত কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হইতেছে, অপর পক্ষে গাছপালা কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে খাদ্য প্রস্তুত করিয়া বাতাসে অক্সিজেন ছাড়িয়া দিতেছে। তা'ছাড়া বৃষ্টির জলের সহিত এবং নানাপ্রকার চুনাপাথরের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারাও কিছু পরিমাণ CO_2 বাতাস হইতে অপসারিত হয়। এইরূপে বিভিন্ন পদ্ধতির মধ্যে সামঞ্জস্যের ফলে বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ মোটামুটি স্থির থাকিয়া যায়।

বায়ুর উপাদান : বায়ুর অন্যতম প্রধান উপাদান অক্সিজেন-এর কথা পূর্বে বলা হইয়াছে। এই অধ্যায়ে আমরা নাইট্রোজেন সম্বন্ধে আলোচনা করিব। অন্যান্য উপাদানগুলির মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ও নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বিষয় উল্লেখ করা যাইতে পারে।

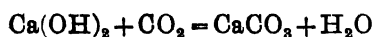
জলীয় বাষ্প: বাতাসের জলীয় বাষ্প মেঘ ও বৃষ্টিরূপে আবির্ভূত হইয়া ধরণীকে শস্যশ্যামলা করে ও জীবজন্তুর প্রাণ রক্ষা করে। জলীয় বাষ্প না থাকিলে ভূ-পৃষ্ঠ হইতে সমস্ত জল বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইত এবং প্রাণী ও উদ্ভিদসমূহের বিলুপ্তি ঘটিত। নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির সাহায্যে বাতাসে জলীয় বাষ্পের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

(১) একটি কাচের ডিস্-এ অল্প একটু অনার্দ্র ক্যাল্সিয়াম ক্লোরাইড রাখিয়া দিলে ক্যাল্সিয়াম ক্লোরাইড বায়ু হইতে জল শোষণ করিয়া আর্দ্র হয় ও ক্রমে দ্রবণে পরিণত হয়।

(২) একটি কাচের গ্লাসে বরফ রাখিলে গ্লাসের বাহিরে বিন্দু বিন্দু জল সঞ্চিত হইতে দেখা যায়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)**:** বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে উদ্ভিদেরা তাহাদের খাদ্য সংগ্রহ করে। সুতরাং কার্বন ডাই অক্সাইড বায়ুমণ্ডলীর একটি আবশ্যকীয় উপাদান।

পরীক্ষা: একটি খোলা পাত্রে কিছু পরিষ্কার চুন-জল [$Ca(OH)_2$] রাখিয়া দিয়া, পরদিন পাত্রটি পরীক্ষা করিলে দেখিবে পরিষ্কার জলের উপর সাদা সরের মত একটি আস্তরণ পড়িয়াছে। ইহা বায়ুস্থ কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত চুনজলের [$Ca(OH)_2$] রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন ক্যাল্সিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের জন্যই চুনজলে এইরূপ সর পড়ে। সুতরাং বাতাসে কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে বলা যাইতে পারে।

বায়ুমণ্ডলীর নিষ্ক্রিয় গ্যাস: তোমরা নিশ্চয়ই দোকানে রঙীন আলোর বিজ্ঞাপন দেখিয়াছ। এই আলোর বাল্বগুলি নিয়ন গ্যাসে ভর্তি থাকে বলিয়া উহাদের নিয়ন-আলো (Neon signs) বলে। নিয়ন (Ne) বায়ুমণ্ডলীর নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির অন্যতম। নিয়ন ব্যতীত হিলিয়াম (He), আর্গন (Ar), ক্রিপ্‌টন (Kr), জীনন্ (Xe), র‍্যাডন (Rn) প্রভৃতি আরও

কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস বায়ুমণ্ডলীতে আছে বলিয়া জানা গিয়াছে। ইহারা কোনো রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না বলিয়া ইহাদের যোজ্যতা শূন্য বলিয়া ধরা হয়। সেইজন্য পর্যায়-সারণীতে ইহাদিগকে শূন্য শ্রেণীর (Zero group) অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। ইলেকট্রন-বিন্যাসের অদ্ভুত স্থায়িত্বই যে ইহাদের নিষ্ক্রিয়তার মূলে, সে-কথা পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে। ইহাদের অণুগুলি সব এক-পরমাণু-বিশিষ্ট।

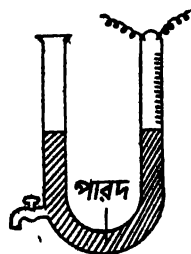
বায়ুর মোট আয়তনের শতকরা মাত্র 0·8 ভাগ নিষ্ক্রিয় গ্যাস। 1895 সালে লর্ড র‍্যালে ও স্যার উইলিয়াম র‍্যামজে বাতাস হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন প্রভৃতি অপসারিত করিয়া যে নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকিল, তাহা উত্তপ্ত ম্যাগ্‌নেসিয়ামের উপর দিয়া বারংবার প্রবাহিত করিলেন। নাইট্রোজেন ম্যাগ্‌নেসিয়াম কর্তৃক সম্পূর্ণভাবে শোষিত হইয়া ম্যাগ্‌নেসিয়াম নাইট্রাইডে (Mg_3N_2) পরিণত হইল, কিন্তু সমস্ত নাইট্রোজেন এইভাবে শোষিত হওয়ার পরও কিছু গ্যাস থাকিয়া গেল যাহা ম্যাগ্‌-নেসিয়ামে শোষিত হয় না। র‍্যামজে দেখাইলেন যে ইহা একটি সম্পূর্ণ নূতন গ্যাস, এবং রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্য ইহার নাম দিলেন **আর্‌গন** বা **নিষ্ক্রিয় গ্যাস**। পরে, ক্রমে ক্রমে তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে বায়ু হইতে হিলিয়াম (He) প্রমুখ আরও চারিটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অস্তিত্বের সন্ধান পাওয়া যায়।

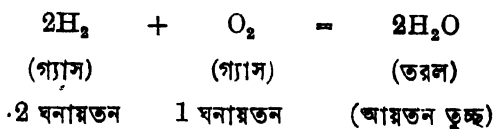
ব্যবহার: নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির ব্যবহারের মধ্যে নিয়নের ব্যবহারের কথা প্রথমেই বলা হইয়াছে। আর্‌গন দ্বারা ইলেকট্রিক বাল্‌ব ভর্তি করা হয়। ইহাতে বাল্‌বের কার্যকারিতা বৃদ্ধি পায়। হিলিয়াম খুব লঘু বলিয়া ইহা দ্বারা বেলুন ভর্তি করা হয়।

বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ধারণ:

আয়তন পরিমিতি (Volumetric composition): আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, একটি বেল্‌-জারের মধ্যে ফস্‌ফরাস পোড়াইলে ফস্‌ফরাস কর্তৃক অক্সিজেন অপসারিত হওয়ার ফলে বেল্‌-জারের $\frac{1}{5}$ ভাগ জলপূর্ণ

হইয়া যায়। যে ⅘ ভাগ অবশিষ্ট থাকে তাহা কোনো বস্তুর দহনে সহায়তা করে না এবং তাহার মধ্যে জীবন্ত ইঁদুর রাখিলে অল্প সময়ের মধ্যেই শ্বাসরুদ্ধ হইয়া ইঁদুরটির মৃত্যু হয়। ইহাই নাইট্রোজেন। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে মোটামুটি জানা যায় যে, বাতাসের আয়তনের এক-পঞ্চমাংশ অক্সিজেন ও অবশিষ্ট চার-পঞ্চমাংশ নাইট্রোজেন। বলা বাহুল্য, পরীক্ষাটি অত্যন্ত স্থূল ধরনের এবং ইহা অপেক্ষা আরও নির্ভুল ও উন্নত পরীক্ষা দ্বারা বাতাসে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অনুপাত নির্ণয় করা সম্ভব। ইহাদের মধ্যে গ্যাসমিতি প্রণালীটিই (Eudiometric method) সর্বাপেক্ষা নির্ভুল।

গ্যাসমিতি প্রণালী (Eudiometric method): চিত্রানুযায়ী এক-মুখ-বন্ধ একটি অংশাঙ্কিত U-নলের বন্ধ বাহুটির কিয়দংশ পারদ-অপসারণ দ্বারা CO_2মুক্ত বাতাসে পূর্ণ করিয়া, প্রমাণ-চাপ ও সাধারণ উষ্ণতায় তাহার আয়তন জানিয়া লওয়া হয়। অতঃপর বন্ধ অংশে কিছু হাইড্রোজেন প্রবেশ করাইয়া হাইড্রোজেন ও বায়ুর মোট আয়তন (একই চাপে) স্থির করা হয়। এখন উন্মুক্ত বাহুর স্টপককযুক্ত পার্শ্বনলের সাহায্যে কিছু পারদ বাহির করিয়া অভ্যন্তরস্থ বায়ু-চাপ কিছু কমানো হয়, এবং বন্ধ বাহুর প্রান্তাস্থিত প্লাটিনাম-তার দুইটির মধ্যে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়। ফলে, নলমধ্যস্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া বিন্দু বিন্দু জলকণায় পরিণত হয়।

৩৯নং চিত্র—বায়ুর উপাদানের আয়তন পরিমিতি

$2H_2$	+	O_2	=	$2H_2O$
(গ্যাস)		(গ্যাস)		(তরল)
2 ঘনায়তন		1 ঘনায়তন		(আয়তন তুচ্ছ)

জল তরল অবস্থায় হয় বলিয়া তাহার আয়তন অতি সামান্য, ধর্তব্যের মধ্যেই নহে।

প্রয়োজনের কিছু অতিরিক্ত হাইড্রোজেন লওয়া হয় বলিয়া অবশিষ্ট গ্যাসে থাকে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন। এই অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে আয়তন পূর্বাপেক্ষা অনেক কম। বলা বাহুল্য যে, দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন মিলিয়া জলে পরিণত হওয়ার জন্যই এই সঙ্কোচন হইয়াছে এবং মোট সঙ্কোচনের $\frac{1}{3}$ ভাগই অক্সিজেন।

মনে কর কোনো পরীক্ষায়,

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় বাতাসের আয়তন $= V_1$ সি.সি.

" " " " বাতাস + হাইড্রোজেনের আয়তন $= V_2$ "

" " " " অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন $= V_3$ "

অতএব, আয়তন-সঙ্কোচন $= (V_2 - V_3)$ সি.সি.

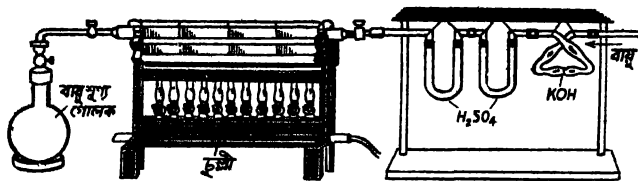
V_1 সি.সি. বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ $= \frac{(V_2 - V_3)}{3}$ সি.সি.

অতএব, বাতাসে অক্সিজেনের আয়তন-অনুপাতের শতকরা হার

$$= \frac{V_2 - V_3}{3 \times V_1} \times 100 \text{ ভাগ}$$ ।

বায়ুর উপাদানের ওজন-পরিমিতি ঃ

ডুমার পদ্ধতি ঃ একটি শক্ত কাচের লম্বা নলকে ছোট ছোট কপারের টুকরা দ্বারা ভর্তি করিয়া নলের উভয় প্রান্তে ছিপি দ্বারা দুইটি স্টপকক্-যুক্ত নল সংযুক্ত করা হয়। এই নলটি একটি চুল্লীর (Furnace) উপর সংস্থাপিত করিয়া ইহার একপ্রান্তে একটি স্টপকক্-যুক্ত বায়ুশূন্য কাচ-গোলক, এবং অপর প্রান্তে যথাক্রমে কয়েকটি অনার্দ্র $CaCl_2$-পূর্ণ U-নল, ও কস্টিক পটাস-পূর্ণ বাল্‌ব সংযুক্ত করা হয়। কাচগোলকটিকে পূর্বেই ওজন করিয়া লওয়া হয়। কপারপূর্ণ নলটিও বায়ুশূন্য অবস্থায় ওজন করা হয়। অতঃপর নলটি চুল্লীর উপর রাখিয়া লোহিত-তপ্ত করা হয়, এবং স্টপকক্‌গুলি অল্প অল্প খুলিয়া উত্তপ্ত কপারের উপর ধীরে ধীরে বায়ু প্রবাহিত

করা হয়। কস্টিক পটাস বাল্‌ব ও $CaCl_2$-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার ফলে বায়ু হইতে CO_2 ও জলীয় বাষ্প সম্পূর্ণভাবে অপসারিত হয়। উত্তপ্ত কপারের সংস্পর্শে অক্সিজেন কপার অক্সাইডে পরিণত হয়, এবং বায়ুর অবশিষ্ট অংশ অর্থাৎ নাইট্রোজেন গিয়া কাচগোলকে সঞ্চিত হয়। কাচগোলকটি নাইট্রোজেনপূর্ণ হইলে স্টপকক্ বন্ধ করিয়া যন্ত্রটি শীতল করা হয়। তারপর কাচগোলকটিকে ওজন করিয়া নাইট্রোজেনের ওজন স্থির করা হয়। কপার ও কপার-অক্সাইড-পূর্ণ নলটিরও ওজন লওয়া হয়, এবং পরে নল হইতে নাইট্রোজেন সম্পূর্ণ বাহির করিয়া পুনরায়

৪০নং চিত্র—ডুমা-পদ্ধতিতে বায়ুর উপাদানের ওজন নির্ণয়

ওজন লওয়া হয়। এই দুইটি ওজন হইতে নলমধ্যস্থ নাইট্রোজেনের যে ওজন পাওয়া যায় তাহা কাচগোলকস্থ নাইট্রোজেনের ওজনের সহিত যোগ করা হয়। কপারপূর্ণ কাচনলটির ওজন বৃদ্ধি হইতে (অর্থাৎ কাচনলের তৃতীয় ওজন হইতে প্রথম ওজন বিয়োগ করিয়া) অক্সিজেনের ওজন জানা যায়, এবং অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ওজনের মোট যোগফল বায়ুর ওজন ধরা যাইতে পারে।

নাইট্রোজেন, N_2

(পারমাণিক গুরুত্ব = 14·008 পরমাণু ক্রমাঙ্ক = 7)

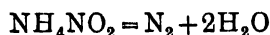
1772 খৃস্টাব্দে এডিনবরা বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক রাদারফোর্ড কর্তৃক গ্যাসটি আবিষ্কৃত হইলেও, ফরাসী বৈজ্ঞানিক লাভোয়াসিয়েই (1775) প্রথম ইহার মৌলিকত্ব প্রতিপাদন করেন এবং নাম দেন 'অ্যাজোট' (Azote) অর্থাৎ প্রাণনাশক (a = নাস্তি বা নাই, zote = প্রাণ)। খনিজ

নাইটার (Nitre) হইতে পাওয়া যায় বলিয়া পরে ইহার ইংরাজী নাম হয় নাইট্রোজেন (Nitrogen)।

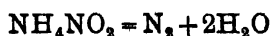
বায়ুমণ্ডলীতে প্রচুর নাইট্রোজেন মৌলিক অবস্থায় বর্তমান। বায়ুর মোট আয়তনের শতকরা 79 ভাগই নাইট্রোজেন। যৌগ অবস্থায় মাটির মধ্যে নাইটার KNO_3) বা সোরা হিসাবে, এবং দক্ষিণ আমেরিকাব চিলির খনিতে সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) হিসাবেও যথেষ্ট নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন উদ্ভিদ্ ও প্রাণিদেহের একটি অত্যাবশ্যক উপাদান। আমাদের শরীরের শতকরা প্রায় তিন ভাগ নাইট্রোজেন। এই নাইট্রোজেন আমরা খাদ্যের মধ্যে উদ্ভিজ্জ অথবা জান্তব প্রোটিন হইতে পাইয়া থাকি।

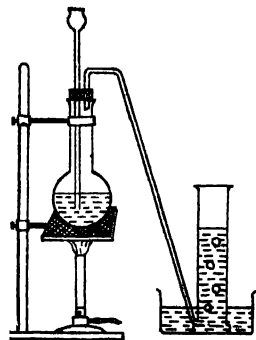
নাইট্রোজেন প্রস্তুতি : কোনো বদ্ধপাত্রে বায়ুর মধ্যে ফস্‌ফরাস বা কপার দগ্ধ করিয়া অক্সিজেন দূরীভূত করিলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। কিন্তু এই নাইট্রোজেনে আর্‌গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হয় না। অবশ্য শিল্পে ব্যবহৃত নাইট্রোজেন প্রায় সম্পূর্ণভাবেই বায়ু-হইতে অক্সিজেন অপসারণদ্বারা অথবা তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়।

ল্যাবরেটরি পদ্ধতি : সাধারণত অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের (NH_4NO_2) সম্পৃক্ত দ্রবণে মৃদু উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া ল্যাবরেটরিতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের দ্রুত বিযোজনের ফলে অনেক সময় বিস্ফোরণ ঘটে বলিয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের পরিবর্তে সোডিয়াম নাইট্রাইট ($NaNO_2$) ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করা সুবিধাজনক। এক্ষেত্রে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উৎপন্ন হয় ও পরে তাহা বিযোজিত হইয়া যায়।

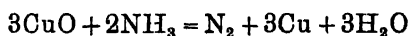
$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$$

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা : থিসিল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি ছোট গোল কুপীতে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ তুল্য পরিমাণে লইয়া কুপীটি তারজালির উপর ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। গ্যাস নির্গত হইতে থাকিলে উত্তাপ প্রয়োগ বন্ধ কর এবং জলের অপসারণ দ্বারা পর পর কয়েকটি গ্যাস-জার নাইট্রোজেনে পূর্ণ করিয়া লও।

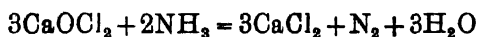
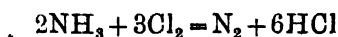
৪১নং চিত্র—নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

এই নাইট্রোজেন খুব বিশুদ্ধ নহে। ইহার সহিত কিছু ক্লোরিন (Cl_2), অ্যামোনিয়া (NH_3), নাইট্রোজেনের অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। বিশুদ্ধ অবস্থায় পাইতে হইলে ইহাকে লোহিততপ্ত কপারচুর্ণের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া পরে ক্ষারদ্রবণ ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সঞ্চিত করা হয়।

নাইট্রোজেনের অন্যান্য যৌগ হইতেও রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

(১) উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের (CuO) উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3) প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$3CuO + 2NH_3 = N_2 + 3Cu + 3H_2O$$

(২) ক্লোরিন অথবা ব্লিচিং পাউডারের সাহায্যেও অ্যামোনিয়া জারিত করা যায়।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

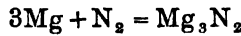
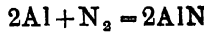
$$3CaOCl_2 + 2NH_3 = 3CaCl_2 + N_2 + 3H_2O$$

(৩) অ্যামোনিয়াম ডাই-ক্রোমেট [$(NH_4)_2Cr_2O_7$] উত্তপ্ত করিয়া :—

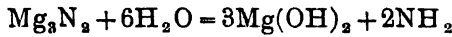
$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + 4H_2O + N_2$$

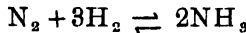
নাইট্রোজেনের ধর্ম: নাইট্রোজেন স্বাদ, গন্ধ, বর্ণহীন গ্যাস। জলে ইহার দ্রাব্যতা অতি সামান্য। নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় গ্যাস। ইহা নিজে দাহ্য নহে, এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না।

(১) ম্যাগ্‌নেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, ক্যাল্‌সিয়াম প্রভৃতি ধাতু নাইট্রোজেনে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া নাইট্রাইডে পরিণত হয়।

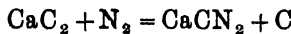
$$2Al + N_2 = 2AlN$$

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$

জলে ফুটাইলে সমস্ত নাইট্রাইডই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_2$$

(২) **হাইড্রোজেনের সহিত:** উচ্চ চাপ (200 অ্যাটমস্‌ফিয়ার) ও উপযুক্ত উষ্ণতায় প্রভাবকের সাহায্যে নাইট্রোজেন প্রত্যক্ষভাবে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়। এই রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে হাবের প্রণালী'তে (Haber Process) অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

(৩) **অক্সিজেনের সহিত:** প্রায় 300° উষ্ণতায় অক্সিজেনে সংযুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন নাইট্রিক অক্সাইডে (NO) পরিণত হয়। (বার্কল্যাণ্ড ও আইড্‌ প্রণালী দেখ।)

(৪) ক্যাল্‌সিয়াম কারবাইডকে (CaC_2, গ্যাসলাইট বা সাইকেলের আলোতে যে কারবাইড ব্যবহৃত হয়) নাইট্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেন শোষণ করিয়া ক্যাল্‌সিয়াম সায়নামাইড ($CaCN_2$) নামক পদার্থে পরিণত হয়।

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

নাইট্রোজেনের ব্যবহার: অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড, ক্যাল্‌সিয়াম সায়নামাইড প্রভৃতি প্রস্তুতের জন্য প্রচুর নাইট্রোজেন ব্যবহৃত

হয়। তা'ছাড়া ইলেকট্রিক বাল্‌ব, গ্যাস-থার্মোমিটার প্রভৃতিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

Exercises

1. How will you prove that air is a mechanical mixture and not a chemical compound? ['বায়ু কোনো যৌগিক পদার্থ নহে, উহা সাধারণ মিশ্রণ মাত্র'—ইহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ?]

2. What are the principal constituents of air? In what ratio by volume do they occur? [বায়ুর প্রধান উপাদান কি কি ? আয়তন হিসাবে তাহারা কি হারে থাকে ?]

3. How will you prove by experiment that air contains water vapour and carbon di-oxide gas? [পরীক্ষা দ্বারা কিরূপে প্রমাণ করিবে যে বায়ুতে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস আছে ?]

4. How can you prepare nitrogen from (a) air, (b) ammonium nitrite, (c) ammonia? [বায়ু, অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়া হইতে কিরূপে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিতে পার ?]

5. Describe with diagram the laboratory method of preparation of nitrogen and the chemical reaction of nitrogen with the following :—

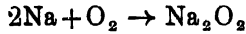
[ল্যাবরেটরিতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি প্রণালীর সচিত্র বর্ণনা দাও, ও নিম্নলিখিত-গুলির সহিত নাইট্রোজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ার বর্ণনা দাও।]

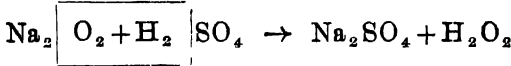
(a) Al; (b) H_2; (c) O_2

ত্রয়োদশ অধ্যায়

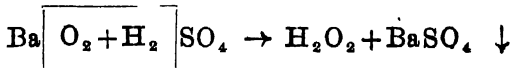
হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2)

প্রস্তুত-পদ্ধতি ঃ সোডিয়াম ধাতুকে অক্সিজেন গ্যাসে পোড়াইলে ইহা সোডিয়াম পারক্সাইডে (Na_2O_2) পরিণত হয়।

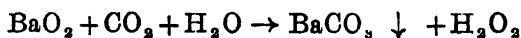
$$2Na + O_2 \rightarrow Na_2O_2$$

এই সোডিয়াম পারক্সাইড অল্প অল্প করিয়া বরফ দিয়া ঠাণ্ডা করা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের (20%) মধ্যে দিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।

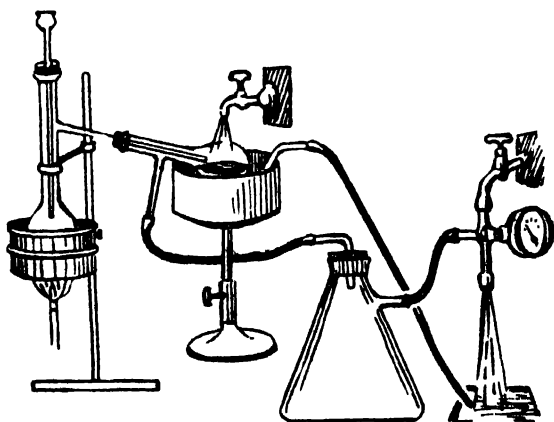
$$Na_2\boxed{O_2 + H_2}SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O_2$$

দ্রবণটি আরও ঠাণ্ডা করিলে অধিকাংশ সোডিয়াম সালফেট কেলাসিত হইয়া নীচে পড়িয়া যায় এবং সোডিয়াম সালফেট ছাকিয়া লইলে যে পরিষ্কার দ্রবণ থাকে তাহা জলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ। অনুপ্রেষ পাতনের (Vacuum distillation) সাহায্যে এই দ্রবণকে গাঢ় করিলে ইহাতে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরিমাণ শতকরা 30 ভাগ হয়। বাজারে ইহা **মার্ক**-এর **পারহাইড্রল (Merck's Perhydrol)** নামে পরিচিত।

সোডিয়াম পারক্সাইডের পরিবর্তে বেরিয়াম পারক্সাইডের (BaO_2) ব্যবহার আরও সুবিধাজনক। বরফজলে বেরিয়াম পারক্সাইডের গুঁড়া দিলে ইহা অদ্রবণীয় থাকে। সেই অবস্থায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঠাণ্ডা করিয়া ইহাতে ঢালিয়া দেওয়া হয়।

$$Ba\boxed{O_2 + H_2}SO_4 \rightarrow H_2O_2 + BaSO_4 \downarrow$$

হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবীভূত থাকে ও বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড না দিয়া বরফজলে ভাসমান বেরিয়াম পারক্সাইডের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলেও হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$BaO_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow BaCO_3 \downarrow + H_2O_2$$

পরিস্রাবণ দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম কার্বনেট পৃথক করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড: হাইড্রোজেন পারক্সাইডের লঘু দ্রবণকে গাঢ় করিতে গেলে অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় জল তাড়াইতে হইবে, কারণ 100° সে. গ্রেডে ইহা বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের লঘু দ্রবণকে প্লাটিনাম অথবা পর্সেলিনের অগভীর থালিতে রাখিয়া 60° হইতে 70° সে. গ্রেডে উত্তপ্ত করিলে যে দ্রবণ পাওয়া যায়, তাহাতে শতকরা প্রায় 45 ভাগ হাইড্রোজেন পারক্সাইড

৪২নং চিত্র—হাইড্রোজেন পারক্সাইডের অনুপ্রেষ পাতন

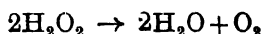
থাকে। এইভাবে আর বেশী ঘনীভূত করিতে গেলে ইহা বিযোজিত হইয়া যায়। অতঃপর অনুপ্রেষ পাতনের সাহায্যে বারংবার পাতিত করিয়া ইহার গাঢ়ত্ব শতকরা 99 ভাগে আনা হয়।

অনুপ্রেষ শোষকাধারে রাখিয়া ইহার শেষ জলীয় অংশ বিদূরিত করিয়া ইহাকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত করা হয়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম:

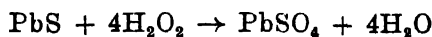
অবস্থাগত: আমরা সাধারণত যে হাইড্রোজেন পারক্সাইড দেখি, তাহা জলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ। বিশুদ্ধ অবস্থায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড স্বচ্ছ তরল পদার্থ। ইহার ঘনত্ব প্রায় 1·5 এবং হিমাঙ্ক – 1·7° সে. গ্রে.। জল, কোহল প্রভৃতিতে ইহা যে-কোনো অনুপাতে দ্রবণীয়। ইহার কিছু অম্লগুণ দেখা যায় এবং নীল লিট্‌মাস লাল করে।

রাসায়নিক ধর্ম: সাধারণ উষ্ণতাতেই হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিযোজিত হয়। উত্তপ্ত করিলে বিযোজন আরও দ্রুত হয়।

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$

স্বর্ণ, রৌপ্য, তাম্র, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতুচুর্ণের সংস্পর্শে অথবা ক্ষারীয় দ্রবণে ইহার বিযোজন ত্বরান্বিত হয়। এই সকল পদার্থ হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিযোজনে **অনুকূল প্রভাবক** (Positive Catalyst)। সাল্‌ফিউরিক, ফস্‌ফরিক প্রভৃতি অ্যাসিড স্বল্প পরিমাণে থাকিলেও বিযোজন বাধাপ্রাপ্ত হয়। সেইজন্য এই সমস্ত অ্যাসিড উল্লিখিত রাসায়নিক ক্রিয়ায় **প্রতিকূল প্রভাবকের** (Negative Catalyst) কাজ করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করে।

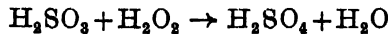
হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জারণ-ক্রিয়া:

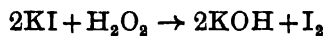
(১) ইহা কালো লেড্ সাল্‌ফাইডকে (PbS) সাদা লেড্ সাল্‌ফেটে পরিণত করে।

$$\underset{\text{(কালো)}}{PbS} + 4H_2O_2 \rightarrow \underset{\text{(সাদা)}}{PbSO_4} + 4H_2O$$

এই রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে অনেক সময় পুরাতন অয়েলপেন্টিং-এর বিবর্ণতা দূর করিয়া রংয়ের ঔজ্জ্বল্য পুনরুদ্ধার করা হয়। রংয়ের উপাদান 'হোয়াইট লেড্' (লেড্-এর বেসিক্ কার্বনেট) বাতাসের

হাইড্রোজেন-সাল্ফাইডের সংস্পর্শে কালো লেড্ সাল্ফাইডে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইড ইহাকে সাদা লেড্ সাল্ফেটে পরিণত করে।

(২) সাল্ফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ বা সাল্ফিউরাস্ অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারক্সাইড কর্তৃক জারিত হইয়া সাল্ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H_2SO_3 + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4 + H_2O$$

(৩) ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আইওডিন বিমুক্ত করে।

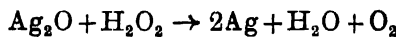
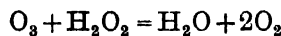
$$2KI + H_2O_2 \rightarrow 2KOH + I_2$$

(৪) অনেক উদ্ভিজ্জ রং হাইড্রোজেন পারক্সাইড কর্তৃক জারিত হওয়ার ফলে বিরঞ্জিত হইয়া যায়।

বিজারক হাইড্রোজেন পারক্সাইড ঃ

(১) হাইড্রোজেন পারক্সাইড সিল্ভার অক্সাইডকে (Ag_2O) ধাতব সিল্ভারে পরিণত করে।

$$Ag_2O + H_2O_2 \rightarrow 2Ag + H_2O + O_2$$

(২) ইহা ওজোনকে অক্সিজেন করে,

$$O_3 + H_2O_2 = H_2O + 2O_2$$

(৩) পটাসিয়াম পার্মাঙ্গানেট দ্রবণে কিছু লঘু সাল্ফিউরিক অ্যাসিড দিয়া তাহাতে হাইড্রোজেন পারক্সাইড দিলে পার্মাঙ্গানেটের গোলাপী রং বিদূরিত হয়। পার্মাঙ্গানেট বিজারিত হওয়ার জন্যই এরূপ হয়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরীক্ষা ঃ

(১) পটাসিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চসিক্ত একটি কাগজ হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে নীল হইয়া যায়।

(২) ইহার সংস্পর্শে অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পার্মাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

(৩) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণে লঘু সাল্ফিউরিক অ্যাসিড ও ইথার দিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সহিত নাড়িয়া দিলে উপরের ইথার-স্তর ঘোর নীল হইয়া যায়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ব্যবহার ঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ উত্তম জীবাণুনাশক ঔষধ। রেশম ও পশমের বস্ত্রাদি পরিষ্কৃত করা, তৈলচিত্রাদির সংস্কারসাধন প্রভৃতি কার্যেও ইহার ব্যবহার আছে। তা'ছাড়া জারক হিসাবে অনেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের শক্তি (Strength) ঃ বাজারে যে হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিক্রীত হয়, তাহার লেবেলে অনেক সময় '10 Volumes', '20 Volumes' ইত্যাদি লেখা দেখা যায়। ইহার অর্থ— 1 সি. সি. হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ সাধারণ চাপ ও উষ্ণতা প্রয়োগে 10 সি. সি., অথবা 20 সি. সি. অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হইবে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের গঠন ও আণবিক সংকেত ঃ

হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, ইহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 1 : 16। সুতরাং ইহার স্থূল সংকেত HO, কিন্তু ইহার আণবিক গুরুত্ব 34। সুতরাং

$$n \times (HO) = 34$$

$$n \times 17 = 34 \text{ অথবা } n = 2$$

অতএব, হাইড্রোজেন পারক্সাইডের আণবিক সংকেত H_2O_2.

Exercises

1. How will you prepare a solution of hydrogen peroxide? How can you obtain 'pure' hydrogen peroxide from this dilute solution? [হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ কিরূপে প্রস্তুত করিবে? এই লঘু দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড কিরূপে পাওয়া যায়?]

2. There are two test tubes, one containing water and the other hydrogen peroxide. What tests would you perform to distinguish between them? [দুইটি পরীক্ষানলের একটিতে জল ও অপরটিতে হাইড্রোজেন পারক্সাইড আছে। কোন্ পরীক্ষার দ্বারা উভয়ের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করিবে?]

3. Describe the chemical reaction of hydrogen peroxide with the following :—[নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত হাইড্রোজেন পারক্সাইডের রাসায়নিক ক্রিয়া বর্ণনা কর :—]

(a) O_3 ; (b) KI ; (c) acidified potassium permanganate solution.

চতুর্দ্দশ অধ্যায়

গ্যাস ও তাহার ধর্ম

গ্যাসের প্রকৃতি ঃ পদার্থের তিন অবস্থা, যথা—(১) কঠিন, (২) তরল ও (৩) গ্যাসীয়। কঠিন পদার্থের আকার ও আয়তন দুইই নির্দিষ্ট। তরল পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট থাকিলেও ইহাদের যে পাত্রে রাখা যায়, ইহারা সেই পাত্রের আকার ধারণ করে, কিন্তু গ্যাসীয় পদার্থের আকার বা আয়তন কোনটিই ঠিক থাকে না। যে পাত্রে লওয়া হয়, ইহারা সেই পাত্রটি সম্পূর্ণ ভর্তি করিয়া তাহারই আকার গ্রহণ করে।

আমরা জানি যে পদার্থমাত্রই অণু বা পরমাণু দ্বারা গঠিত। কঠিন পদার্থের মধ্যে অণু বা পরমাণুগুলি থাকে ঠাসিয়া বোঝাই করা, এবং পরস্পরের এই নৈকট্যের জন্য তাহারা পরস্পরকে আকৃষ্ট করিয়া ধরিয়া রাখে ও স্থানচ্যুত হইতে দেয় না। সেইজন্য তাহাদের আকার এবং আয়তন ঠিক থাকে। তরল পদার্থের অণুগুলির পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইবার স্বাধীনতা না থাকিলেও তাহারা গায়ে লাগিয়া পরস্পরের উপর দিয়া গড়াইয়া যাইতে পারে। সেইজন্য ইহারা আধার অনুযায়ী আকৃতি লয়, কিন্তু আয়তন ঠিক থাকে। গ্যাসের অণুগুলি (বা পরমাণু) কিন্তু অনেকটা স্বাধীন। ইহাদের পরস্পরের মধ্যে কোনো আকর্ষণ নাই বলিলেও চলে, এবং অণুগুলি বেগে ইতস্তত: সঞ্চরমান। একটি বদ্ধপাত্রে কোনো গ্যাস রাখিলে সঞ্চরমান অণুগুলি পাত্রের গায়ে ক্রমাগত আঘাত করে, এবং তাহার ফলে পাত্রের গায়ে যে চাপ পড়ে, তাহাকে আমরা গ্যাসীয় চাপ বলি।

গ্যাসের চাপ ও তাহার আয়তন ঃ একটি সাইকেল-পাম্পের মুখের ছিদ্রটি অঙ্গুলি দ্বারা চাপিয়া হাতলটি সম্মুখের দিকে ঠেলিতে থাকিলে দেখিবে যে, চাপ যত বৃদ্ধি করিবে, পাম্পের মধ্যস্থিত বায়ুর আয়তন ততই কমিতে থাকিবে। গ্যাসের চাপের সঙ্গে তাহার আয়তন পরিবর্তনের

এই নিয়মটি 'বয়েল' (Robert Boyle) প্রথম আবিষ্কার করেন বলিয়া ইহাকে 'বয়েল-এর সূত্র' (Boyle's Law) বলা হয়।

বয়েল-এর সূত্র ঃ "নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোনো গ্যাসের আয়তন চাপবৃদ্ধির সঙ্গে কমিবে ও চাপহ্রাসের সঙ্গে বাড়িবে।"

গ্যাসটির উষ্ণতা যদি নির্দিষ্ট রাখা না হয়, তবে আয়তন বৃদ্ধি বা হ্রাস যে কেবলমাত্র চাপের জন্যই, তাহা প্রমাণিত হয় না। কারণ, উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলেও গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায়। সুতরাং একটিকে নির্দিষ্ট না রাখিলে, অপরটির প্রভাব ঠিক নিরূপণ করা কঠিন।

পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হয়, এবং তিন গুণ কবিলে আয়তন $\frac{1}{3}$ ভাগ হয়। অর্থাৎ, বিশেষ উষ্ণতায় চাপ ও আয়তনের গুণফল সর্বদাই সমান থাকে। একটি গ্যাসের চাপ যদি হয় 'P' এবং আয়তন 'V', তবে,

$$P \times V = K$$

এখানে K একটি নির্দিষ্ট সংখ্যা (Constant)। সুতরাং,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3, \text{ ইত্যাদি} = K$$

P_1, P_2, P_3 এবং V_1, V_2 ও V_3 ইত্যাদি একই গ্যাসের একই উষ্ণতায় বিভিন্ন অবস্থার চাপ ও আয়তন।

উদাহরণঃ 74·4 সেন্টিমিটার পারদ-চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন 57·5 সি. সি. হইলে, 76 সেন্টিমিটার চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{অর্থাৎ, } 74{\cdot}4 \times 57{\cdot}5 = 76 \times V_2$$

$$\text{সুতরাং, } V_2 = \frac{74{\cdot}4 \times 57{\cdot}5}{76} = 56{\cdot}4 \text{ সি. সি.}$$

উষ্ণতা ও গ্যাসায়তন ঃ নির্দিষ্ট চাপে কোনো গ্যাসকে উত্তপ্ত করিলে ইহার আয়তন বৃদ্ধি পায়। এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য, গ্যাসের আয়তন তাহার পূর্ব আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ বৃদ্ধি পায়। সুতরাং t_1° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় আয়তন যদি V_1 সি. সি. হয় ও 0°তে V_0 হয়, তবে

$$V_1 = V_0 + \frac{V_0}{273} \times t_1 = V_0 \left(\frac{t_1 + 273}{273}\right).$$

অনুরূপভাবে, t_2° সেঃ গ্রেডে যদি আয়তন V_2 হয়, তবে

$$V_2 = V_0\left(\frac{t_1+273}{273}\right)$$

সুতরাং, $$\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1+273}{t_2+273} = \frac{T_1}{T_2}$$

হিসাবের সুবিধার জন্য উষ্ণতার একটি নূতন মাত্রা গৃহীত হইয়াছে। ইহাকে **পরম মাত্রা** (Absolute scale) বলা হয়। সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 273 যোগ করিলে এই মাত্রার উষ্ণতা পাওয়া যায়। যেমন, 0° সেঃ গ্রেঃ = 273° পঃ মাঃ। এই মাত্রার শূন্য ডিগ্রি, সেন্টিগ্রেড মাত্রার —273°,

সুতরাং, $$V_1 = \frac{V_0 T}{273}$$

কিন্তু, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের জন্য V_0 নির্দিষ্ট থাকিবে,

সুতরাং, $V_1 = C \times T$

(এস্থলে, $C = \frac{V_0}{273}$ = নির্দিষ্ট সংখ্যা।)

অথবা, $V \propto T$

সুতরাং বলা যায় যে, "বিশেষ চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।" ইহাকে 'চার্লস্-এর সূত্র' (Charle's Law) বলা হয়। 'গে লুসাক'ও অনুরূপ একটি সূত্র দিয়াছিলেন বলিয়া কখনো কখনো ইহাকে 'গে লুসাক-এর সূত্র'ও বলা হয়। এই সূত্র অনুসারে

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

উদাহরণ: 15° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় একটি গ্যাসের আয়তন 75·5 সি. সি. হইলে, 0° সেন্টিগ্রেডে ইহার আয়তন কত হইবে? (চাপ সমান থাকে বলিয়া ধরা যাইতে পারে।)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$\frac{75·5}{288} = \frac{V_2}{273}$, সুতরাং $V_2 = \frac{75·5 \times 273}{288} = 71·6$ সি. সি.

গ্যাস সমীকরণ (Gas equation) :

বয়েল-এর সূত্রানুসারে,

$$V \propto \frac{1}{P}, \text{ যখন } T \text{ নির্দিষ্ট থাকে,}$$

এবং চার্লস্-এর সূত্রানুসারে,

$$V \propto T, \text{ যখন } P \text{ নির্দিষ্ট থাকে,}$$

সুতরাং, অনুপাতের নিয়মে,

$$V \propto \frac{T}{P}, \text{ যখন } T \text{ এবং } P \text{ উভয়েই পরিবর্তিত হয় ;}$$

অথবা, $V = K\frac{T}{P}$

$$PV = KT, \text{ অথবা } \frac{PV}{T} = K$$

$$\text{সুতরাং, } \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = K$$

ইহাকে গ্যাস-সমীকরণ সূত্র বলে।

উদাহরণ: 74·7 সেন্টিমিটার পারদচাপে ও 15·5° সে: গ্রে: উষ্ণতায় একটি গ্যাসের আয়তন 63·7 সি. সি.। সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে ইহার আয়তন কত হইবে? (সাধারণ উষ্ণতা = 0° সে: গ্রে: ; সাধারণ চাপ = 76 সেন্টিমিটার পারদ চাপ।)

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

অতএব,

$$\frac{74·7 \times 63·7}{273 + 15·5} = \frac{76·0 \times V_2}{273}$$

$$\text{সুতরাং, } V_2 = \frac{74·7 \times 63·7 \times 273}{288·5 \times 76·0}$$

$$= 59·23 \text{ সি. সি.}$$

*** গ্যাসের ব্যাপ্তি ও গ্রাহাম-এর সূত্র (Gaseous Diffusion and Graham's Law):**

গ্যাস অণুগুলি সর্বদাই ইতস্ততঃ সঞ্চরমান। সেইজন্য কোনো পাত্রের

একটি ক্ষুদ্র অংশে কোনো গ্যাস প্রস্তুত হইলে ইহা অচিরাৎ সমস্ত পাত্রটির মধ্যেই সমভাবে ছড়াইয়া পড়ে।

পরীক্ষা: একটি বড় কাচপাত্রে এক ফোঁটা তরল ব্রোমিন ফেলিয়া দাও এবং পাত্রটির মুখ কাচের ঢাকনী দ্বারা ঢাকিয়া দাও। কিছুক্ষণ পর দেখিবে যে, সমস্ত জারটিই লোহিতবর্ণের ব্রোমিন বাষ্পে পূর্ণ হইয়া গিয়াছে। এ ক্ষেত্রে ব্রোমিন অণুগুলি উপরের দিকে যায়, এবং বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন নীচের দিকে যায়। এইরূপে অল্প সময়ের মধ্যেই গ্যাসীয় মিশ্রণটি সমসত্ত্ব হইয়া যায়। এই ব্যাপকতাগুণ থাকার জন্য হাইড্রোজেনের ন্যায় হালকা গ্যাস ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ন্যায় ভারী গ্যাসের মিশ্রণের মধ্যে কখনো ভারী গ্যাসটি নীচে থাকিয়া যায় এবং হালকাটি উপরে উঠিয়া যায়,—এরূপ হয় না।

গ্রাহাম (Graham) দেখিয়াছিলেন যে, বিভিন্ন গ্যাসকে সূক্ষ্ম ছিদ্রপথে বাহির হইতে দিলে গ্যাস যত হালকা হয়, তত শীঘ্র বাহির হইয়া যায়। এই তথ্যটি তিনি একটি সূত্রের আকারে প্রকাশ করিয়াছিলেন। ইহাকে 'গ্রাহাম-এর গ্যাস-ব্যাপন সূত্র' (Graham's Law of Diffusion) বলা হয়।

গ্রাহাম-এর সূত্র: নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় কোনো গ্যাসের ব্যাপন-বেগ উহার ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

A এবং B দুইটি গ্যাসের আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে D_A এবং D_B। একটি সছিদ্র ছিপির (Porous Plug) মধ্য দিয়া একই উষ্ণতায় ও চাপে প্রতি সেকেণ্ডে A গ্যাসের R_A সি. সি. এবং B গ্যাসের R_B সি. সি. বাহির হয়। R_A এবং R_Bকে ব্যাপন-বেগ (Velocity of Diffusion) বলা হয়। সুতরাং গ্রাহাম-এর সূত্র অনুসারে—

$$\frac{R_A}{R_B}=\sqrt{\frac{D_B}{D_A}}.$$

গ্রাহাম-এর সূত্রের সাহায্যে দুইটি গ্যাসের ব্যাপন-বেগ ও তাহাদের একটির আপেক্ষিক ঘনত্ব জানা থাকিলে, অপরটির আপেক্ষিক ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : একটি সছিদ্র ছিপির মধ্য দিয়া যাইতে একই অবস্থায় 100 সি. সি. অক্সিজেনের লাগে 8 সেকেণ্ড, কিন্তু সমায়তন হাইড্রোজেনের লাগে 2 সেকেণ্ড। হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 1·00 হইলে, অক্সিজেনের ঘনত্ব কত ?

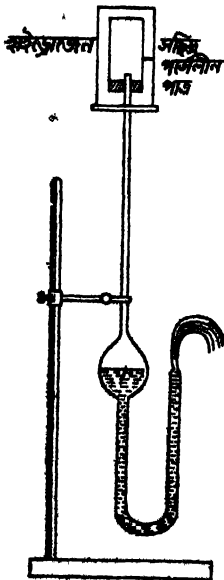
$$R_H = \frac{100}{2} = \text{প্রতি সেকেণ্ডে } 50 \text{ সি. সি.}$$

$$R_O = \frac{100}{8} = \text{প্রতি সেকেণ্ডে } 12{\cdot}5 \text{ সি. সি.}$$

$$\frac{50}{12{\cdot}5} = \sqrt{\frac{D_O}{1}}$$

$\sqrt{D_O} = 4{\cdot}0$ সুতরাং, $D_O = 16{\cdot}00$

হালকা গ্যাস যে ভারী গ্যাস অপেক্ষা সহজে ব্যাপ্ত হয়, এই তথ্যটি একটি সুন্দর পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

৪৩নং চিত্র—গ্যাস-ব্যাপন

পরীক্ষা : বায়ুপূর্ণ একটি সছিদ্র পর্সেলীন পাত্রের সহিত একটি রঙীনজলপূর্ণ U-নল সংযুক্ত করা হয়। U-নলের নির্গম-মুখটি সূক্ষ্ম ছিদ্রযুক্ত হইলে ভাল হয়। এখন হাইড্রোজেনপূর্ণ একটি বড় গ্যাস-জার এই পার্সেলীন পাত্রটির উপর উপুড় করিয়া দিলে U-নলের খোলা ছিদ্রমুখ দিয়া ফোয়ারার আকারে রঙীন জল বাহির হইবে।

বাতাস (ঘনত্ব = 14·4) অপেক্ষা হাইড্রোজেন (ঘনত্ব = 1·00) অনেক হালকা। সেইজন্য পর্সেলীন পাত্র হইতে যতটা বাতাস বাহির হয়, তাহার অনেক বেশী হাইড্রোজেন সেই সময়ের মধ্যে পাত্রের ভিতর প্রবেশ করে এবং পাত্রের মধ্যে চাপ বৃদ্ধি পায়। ফলে U-নলমধ্যস্থিত জলে চাপ পড়িয়া ফোয়ারার আকারে জল বাহির হইতে থাকে।

Exercises

1. State Boyle's Law. Describe an experiment to verify the law in the laboratory. [বয়েল-এর সূত্রটি বল। পরীক্ষার সাহায্যে ল্যাবরেটরিতে সূত্রটির সত্যতা প্রমাণের বর্ণনা দাও।]

Half a litre of a gas at 360 m.m. pressure is compressed to 200 c. c. at constant temperature. Find the new pressure of the gas. [360 মি. মিটার চাপে রক্ষিত $\frac{1}{2}$ লিটার গ্যাসকে সঙ্কুচিত করিয়া 200 সি. সি. করা হয়। উষ্ণতার কোনো পরিবর্তন না হইলে গ্যাসটির নূতন চাপ নির্ণয় কর।] [উত্তর = 900 মি. মি.]

2. State Charle's law. 8 litres of hydrogen gas at 0°C is heated to 80°C at constant pressure. Find its new volume.

[চার্লস্-এর সূত্রটি বল। 8 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসকে 0° সে: গ্রে: হইতে 80° সে: গ্রেডে উত্তপ্ত কর। চাপের কোনো পরিবর্তন না হইলে গ্যাসটির নূতন আয়তন নির্ণয় কর।] [উত্তর = 10.344 লিটার]

3. Find out an equation connecting the pressure, volume and temperature of a gas.

A certain gas has a volume of 1 litre at a temperature of 27°C and a pressure of half an atomsphere. What will be its volume at 10°C and 760 m. m. pressure? [গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতার মধ্যে একটি সমীকরণ বাহির কর। 27° সে: গ্রে: উষ্ণতা ও $\frac{1}{2}$ অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইলে, 10° সে: গ্রে: উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে উহার আয়তন কত হইবে?] [উত্তর = 471.66 সি. সি.]

4. State Graham's Law of Diffusion.

If it takes 20 minutes for 100 c. c. of hydrogen to diffuse out of a certain vessel, what time will be taken by the same volume of carbon di-oxide to diffuse out of the same vessel under the same conditions? [Density of $CO_2 = 22$]

[গ্রাহাম্-এর গ্যাস-ব্যাপন সূত্রটি বল। কোনো পাত্র হইতে 100 সি. সি. হাইড্রোজেন যদি 20 মিনিটে বাহির হয়, তবে একই অবস্থায় সমপরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাহির হইতে কত সময় লাগিবে?] [উত্তর = 94.0 মিনিট]

পঞ্চদশ অধ্যায়

যোজন-ভার ও যোজন-ভার সূত্র

আমরা জানি যে 8 গ্রাম্ অক্সিজেন 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 9 গ্রাম্ জলে পরিণত হয়, আবার 12 গ্রাম্ ম্যাগ্‌নেসিয়াম লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড হইতে 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেন দেয়। অর্থাৎ 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেন, 8 গ্রাম্ অক্সিজেন অথবা 12 গ্রাম ম্যাগ্‌নেসিয়ামের সমতুল্য। সুতরাং, 8 গ্রাম্ অক্সিজেন 12 গ্রাম ম্যাগ্‌নেসিয়ামের তুল্য। এইজন্যই ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও অক্সিজেন যখন পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়া ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়, তখন তাহারা 12 : 8 এই অনুপাতেই সংযুক্ত হয়। সেইজন্য 12 এবং 8কে যথাক্রমে ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও অক্সিজেনের **যোজন-ভার** বা **তুল্যাঙ্ক-ভার (Equivalent weight)** বলা হয়। ঐ ওজনের অনুপাতেই উহারা অন্য পদার্থের সহিত সংযুক্ত হয়। এখানে ওজনগুলি গ্রাম্ হিসাবে ধরা হইলেও আসলে তাহারা পরস্পরের অনুপাতমাত্র বুঝায়। অর্থাৎ, 12 ভাগ ম্যাগ্‌নেসিয়াম 8 ভাগ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হয়। গ্রাম্ না বলিয়া যদি বলি 12 পাউণ্ড ম্যাগ্‌নেসিয়াম 8 পাউণ্ড অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হয়, তাহাতেও কিছু ভুল হইবে না।

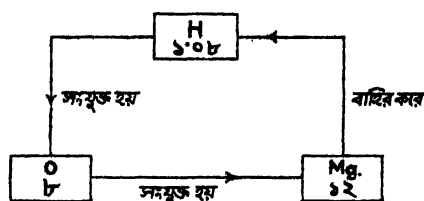
কোনো মৌলিক পদার্থের যত ভাগ ওজন 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়, অথবা অন্য কোনো পদার্থ হইতে 1 ভাগ হাইড্রোজেন বিদূরিত করে, তাহাই সেই পদার্থের যোজন-ভার। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 এবং ইহার পারমাণবিক গুরুত্বও 1,—সেইজন্য 1 ভাগ হাইড্রোজেনকে যোজনভারের একক হিসাবে ধরা হইয়াছে।

বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের যোজন-ভার নির্ণয় করিতে হইলে, সেই পদার্থের কত গ্রাম্ হইতে 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে, অথবা কত গ্রাম্ এক গ্রাম্ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইবে তাহা নির্ণয়

করিতে হয়। কিন্তু, এমন অনেক পদার্থ আছে যাহারা হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয় না অথবা অন্য পদার্থ হইতেও হাইড্রোজেন দেয় না। এ সব ক্ষেত্রে অক্সিজেন বা ক্লোরিনের সহিত সংযুক্তি দ্বারা যোজন-ভার নির্ণয় করা হয়।

অক্সিজেন ও ক্লোরিনের যোজন-ভার যথাক্রমে 8 ও 35·5। সুতরাং, কোন্ পদার্থের কত ভাগ 8 ভাগ অক্সিজেন অথবা 35·5 ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে জানিলেই তাহার যোজন-ভার পাওয়া যাইবে। এইরূপে, অন্যান্য পদার্থের যোজন-ভার জানা থাকিলে, তাহাদের সাহায্যেও অপরের যোজন-ভার নির্ণীত হইতে পারে।

যোজন-ভার সূত্র ও বিপরীতানুপাত সূত্র (Law of Equivalent Proportions and Law of Reciprocal Proportions):

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে 8 গ্রাম্ অক্সিজেন 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়, এবং 12 গ্রাম্ ম্যাগ্‌নেসিয়াম কোনো অ্যাসিড হইতে 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেন বাহির করে।

৪৪নং চিত্র

সুতরাং ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইলে তাহারা 12 : 8 এই অনুপাতে অর্থাৎ তাহাদের যোজন-ভারের অনুপাতে সংযুক্ত হয়। অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সংযুক্তির ক্ষেত্রেও অনুরূপ নিয়ম দেখা যায়। সুতরাং মৌলিক পদার্থগুলি তাহাদের যোজন-ভারের অনুপাতে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয়। ইহাই 'যোজন-ভার সূত্র' অথবা 'তুল্যাঙ্ক অনুপাত' সূত্র।

এই একই সূত্র পূর্বে একটু অন্যভাবে বলা হইত। তখন ইহার নাম ছিল 'বিপরীতানুপাত সূত্র' (Law of Reciprocal Proportions)। এই

সূত্রানুসারে, যদি দুইটি মৌলিক পদার্থ A এবং B, অপর একটি মৌলিক পদার্থ C-র সহিত পৃথকভাবে সংযুক্ত হয়, তবে A এবং B যে ওজনের অনুপাতে C-র কোনো নির্দিষ্ট ওজনের সহিত সংযুক্ত হইবে, তাহাদের (অর্থাৎ A এবং B) পরস্পরের সহিত সংযুক্তিও (যদি সংযুক্তি সম্ভব হয়) সেই একই ওজনের অথবা ঐ সকল ওজনের কোনো সরল গুণিতকের (Simple multiple) অনুপাতেই হইবে।

উপরের উদাহরণে Mg (A), H (B) ও O (C)-এর ক্ষেত্রে ইহা প্রয়োগ করিলে দেখা যায় যে, 12 গ্রাম্ ম্যাগ্‌নেসিয়াম (A) ও 8 গ্রাম্ অক্সিজেন (B) পৃথকভাবে 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়। সুতরাং ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও অক্সিজেন যদি সংযুক্ত হয়, তাহারা 12 : 8 এই অনুপাতে 12 ও 8 সংখ্যার সরল গুণিতকের অনুপাতে সংযুক্ত হইবে। ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইডে দেখা যায় যে ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও অক্সিজেন 12 : 8 এই অনুপাতেই সংযুক্ত হয়।

ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ অনুসারে রাসায়নিক ক্রিয়ায় পরমাণুগুলিই পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয়। যোজন-ভার হইতেছে পরমাণুর সংযুক্তির জন্য তাহার মোট পারমাণবিক গুরুত্বের যতখানি অংশ লইলে যোজ্যতা 1 হয়, সেই অংশ। অর্থাৎ কোনো পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্বকে তাহার যোজ্যতা দ্বারা ভাগ করিলে যোজন-ভার পাওয়া যাইবে।

যোজন-ভার × যোজ্যতা = পারমাণবিক গুরুত্ব

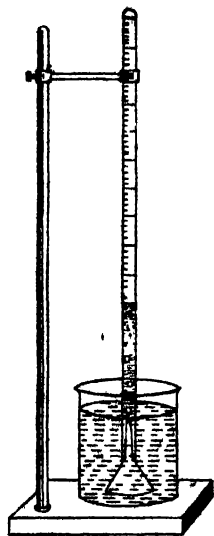
যোজন-ভার ও পারমাণবিক গুরুত্বের এই সম্পর্কটি পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত হয়।

যোজন-ভার নির্ণয়-পদ্ধতি ঃ (১) ম্যাগ্‌নেসিয়াম, আয়রন্, জিঙ্ক প্রভৃতি যে সমস্ত ধাতু শীতল অবস্থায় অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন দেয়, তাহাদের ক্ষেত্রে নির্গত হাইড্রোজেনের পরিমাণ হইতে যোজন-ভার নির্ণয় করা যায়।

পরীক্ষা ঃ 0·2 গ্রাম্ পরিমাণ একটি ম্যাগ্‌নেসিয়াম তারের যথার্থ ওজন লইয়া তারটি একটি জলপূর্ণ বীকারে রাখা হয়। একটি ছোট

ফানেল দ্বারা তারটি ঢাকিয়া দেওয়া হয়, যেন ফানেলের নলটি সম্পূর্ণভাবে জলের নীচে থাকে। একমুখ-খোলা একটি অংশাঙ্কিত নল (graduated tube) জলপূর্ণ করিয়া বীকারের জলে উপুড় করিয়া দেওয়া হয়, যেন ফানেলের নলটি ইহার ভিতরে থাকে। এখন, বীকারের জলে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দিলে হাইড্রোজেন গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে উঠিয়া অংশাঙ্কিত নলে সঞ্চিত হইবে। ম্যাগ্‌নেসিয়াম তারটি সম্পূর্ণ শেষ হইয়া গেলে, নলটির খালি মুখ বৃদ্ধাঙ্গুলি দ্বারা চাপিয়া ইহাকে বাহিরে আনা হয়, এবং একটি জলপূর্ণ বড় মুখলম্বা জারের জলে মুখটি ডুবাইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর নলটি একটু উপর-নীচ করিয়া নলের ভিতরের ও বাহিরের জল এক সমতলে আনা হয়, এবং এই অবস্থায় নলের অঙ্কিত চক্র হইতে হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন জানিয়া লওয়া হয়। ব্যারোমিটার (Barometer) যন্ত্র হইতে

৪৫নং চিত্র—ম্যাগ্‌নেসিয়ামের যোজন-ভার নির্ণয়

সেই সময়কার বায়ুচাপ জানা যায়, এবং একটি থার্মোমিটার জলে ডুবাইয়া জলের উষ্ণতা স্থির করা হয়। মনে কর,

ম্যাগনেসিয়ামের ওজন	= W গ্রাম্
হাইড্রোজেন গ্যাসেব আয়তন	= V সি. সি.
বায়ুর চাপ	= P মি. মি.
উষ্ণতা	= t° সে. গ্রে.

t° সে. গ্রে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ (Aq. tension) = f মি. মি.

বায়ুর চাপ = হাইড্রোজেনের চাপ + জলীয় বাষ্পের চাপ

$P = P_{H_2} + f$, সুতরাং $P_{H_2} = (P - f)$

P_{H_2} = হাইড্রোজেনের প্রকৃত চাপ

এই গণনায় আমাদের (P – f) মি. মি. চাপে ও t° সে. গ্রে. উষ্ণতায় V সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন বাহির করিতে হইবে। আমরা জানি যে সাধারণ চাপ (760 মি. মি.) ও উষ্ণতায় (0° সে. গ্রে.) 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন 0·00009 গ্রাম্। প্রথমে দেখিতে হইবে, সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় ঐ V সি. সি.-র আয়তন কত হয়। যদি ইহাকে V সি. সি. ধরা হয় তবে,

$$\frac{760 \times v'}{273} = \frac{(p-f) \times v}{273+t}$$

$$\therefore \quad v' = \frac{(p-f)v \times 273}{(273+t) \times 760} \text{ সি. সি.}$$

এবং ইহার ওজন হইবে

$$\frac{(p-f)v \times 273}{(273+t) \times 760} \times 0{\cdot}00009 \text{ গ্রাম্।}$$

w-গ্রাম্ ম্যাগ্‌নেসিয়াম হইতে $\frac{(p-f)v \times 273 \times 0{\cdot}00009}{(273+t) \times 760}$ গ্রাম্ হাইড্রোজেন পাওয়া যায় ;

অতএব x-গ্রাম্ „ „ 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে ;

$$x = \frac{w \times 1}{v' \times 0{\cdot}00009} = \frac{w \times (273+t) \times 760}{v \times (p-f) \times 273 \times 0{\cdot}00009}$$

x = ম্যাগ্‌নেসিয়ামের যোজন-ভার বা তুল্যাঙ্ক ওজন।

(২) ধাতুকে অক্সাইড করিয়া তাহার যোজন-ভার নির্ণয় :

একটি শুষ্ক, পরিষ্কার পর্সেলীন মুচিকে ওজন করিয়া তারপর কয়েক টুকরা জিঙ্ক সহ পুনরায় ওজন করা হয়। দুইটি ওজনের বিয়োগফল হইতে জিঙ্কের ওজন পাওয়া যায়। অতঃপর ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়া জিঙ্ক সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হয় এবং মুচিটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়, যতক্ষণ না সমস্ত জল দূর হইয়া জিঙ্ক নাইট্রেটের সাদা চূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায়।

$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

এখন মুচিটিকে আরও উত্তপ্ত করা হয়, ফলে জিঙ্ক নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। মুচিটি বারংবার উত্তপ্ত করিয়া ও ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হয়, যতক্ষণ না ইহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে। মনে কর,

মুচিটির ওজন $= a$ গ্রাম্

মুচি + জিঙ্কটুকরার ওজন $= b$ গ্রাম্

সুতরাং, জিঙ্কের ওজন $= (b - a)$ গ্রাম্

মুচি + জিঙ্ক অক্সাইডের ওজন $= c$ গ্রাম্

$\therefore$ জিঙ্ক অক্সাইডের ওজন $= (c - a)$ গ্রাম্

অক্সিজেনের ওজন $= \{(c - a) - (b - a)\}$ গ্রাম্

$= (c - b)$ গ্রাম্

$(c - b)$ গ্রাম্ অক্সিজেন $(b - a)$ গ্রাম্ জিঙ্কের সহিত যুক্ত হয়

8 ,, ,, $\frac{b - a}{c - b} \times 8$,, ,, ,, ,, ,,

সুতরাং জিঙ্কের যোজন-ভার $= \frac{b - a}{c - b} \times 8.$

Exercises

1. What do you understand by 'equivalent weight'? Find out the volume of hydrogen at 0° C and 720 m. m. pressure, liberated by dissolving 0·112 gms. of a metal of equivalent weight 28 in dilute sulphuric acid. [One gram-mole of hydrogen occupies a volume of 22·4 litres at S. T. P.] [Ans : 43·6 c.c.]

['যোজন-ভার' বা 'তুল্যাঙ্ক' বলিতে কি বোঝ? 28 তুল্যাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো ধাতুর 0·112 গ্রাম্ লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করার ফলে যে হাইড্রোজেন নির্গত হয়, 0° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা ও 720 মি. মি. চাপে তাহার আয়তন নির্ণয় কর।]

2. Describe the experimental method for the determination of equivalent weight of magnesium. [ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়-পদ্ধতি বর্ণনা কর।]

0·036 gms. of Mg on being dissolved in dilute sulphuric acid liberate 33·3 c.c. of hydrogen at S. T. P. [0·036 গ্রাম্ ম্যাগনেসিয়াম

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 33·3 সি. সি. হাইড্রোজেন দেয়।]

Find out (a) the equivalent weight of magnesium, and (b) how much oxide will be obtained by burnig 5 gms. of magnesium ?

[(ক) ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক ও (খ) 5 গ্রাম্ ম্যাগনেসিয়াম দগ্ধ হওয়ার ফলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাইবে তাহা নির্ণয় কর।]

[Ans : (a) 12 ; (b) 8·33]

3. A certain metallic chloride contains 54·42 per cent chlorine. The vapour density of chloride is 8·16. Find out the equivalent weight of the metal and the molecular formula of the metallic chloride. [Ans. 29·73 ; MCl_4]

[কোনো ধাতব ক্লোরাইডে শতকরা 54·42 ভাগ ক্লোরিন আছে। ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·16। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর এবং ধাতব ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত বল।]

ষোড়শ অধ্যায়

গুণানুপাত সূত্র ও রাসায়নিক সংযোগবিধিসমূহের আলোচনা

গুণানুপাত সূত্র :

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) উৎপন্ন হয়।

জলের মধ্যে 1 ভাগ হাইড্রোজেন 8 ভাগ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হয়, এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইডে 1 ভাগ হাইড্রোজেন 16 ভাগ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হয়। সুতরাং এই দুইটি যৌগিক পদার্থের একটিতে 8 ভাগ ও অন্যটিতে 16 ভাগ অক্সিজেন, 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের সহিত অক্সিজেনের যে বিভিন্ন পরিমাণ সংযুক্ত হয়, তাহাদের অনুপাত 8 : 16 বা 1 : 2, অর্থাৎ সরল অনুপাত।

এইরূপে, যখনই দুইটি মৌলিক পদার্থ একাধিক যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে, তখন উহাদের একটির নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপরটি যে সকল বিভিন্ন পরিমাণে সংযুক্ত হয়, সেই পরিমাণগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত (1 : 2 বা 2 : 3 ইত্যাদি) দেখা যায়। ইহাই **ডাল্টনের গুণানুপাত সূত্র**।

উদাহরণস্বরূপ কপার ও অক্সিজেনের কথা ধরা যাইতে পারে। ইহাদের সংযুক্তি দ্বারা দুইটি অক্সাইড হয়—কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) ও কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO)।

কিউপ্রিক অক্সাইডে অক্সিজেন থাকে শতকরা 20·26 ভাগ
কিউপ্রাস অক্সাইডে ,, ,, ,, 11·27 ,,

সুতরাং, কিউপ্রিক অক্সাইডে 20·26 গ্রাম্ অক্সিজেনের সহিত 79·74 গ্রাম্ কপার থাকে

অতএব, ,, ,, 1 গ্রাম্ ,, সহিত $\frac{79 \cdot 74}{20 \cdot 26}$ = 3·93 গ্রাম্ কপার থাকিবে।

কিউপ্রাস অক্সাইডে 11·27 গ্রাম্ অক্সিজেনের সহিত 88·73 গ্রা. কপার থাকে

,, ,, 1 ,, ,, ,, $\frac{88 \cdot 73}{11 \cdot 27}$ = 7·87 গ্রাম্ কপার থাকিবে।

সুতরাং, এই দুইটি যৌগিক পদার্থে 3·93 গ্রাম্ ও 7·87 গ্রাম্ কপার যথাক্রমে 1 গ্রাম্ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হয়। এই দুইটি ওজনের অনুপাত 3·97 : 7·87, অথবা, 1 : 2; সুতরাং সরল অনুপাত।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ ও গুণানুপাত সূত্র: অনুপাতে এই সারল্যের কারণ ডাল্টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে সহজেই বুঝা যায়। A এবং B নামক দুইটি মৌল যদি একাধিক যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে, তবে উহাদের অণুগুলি A এবং B পরমাণুদ্বারা গঠিত হইবে। মনে কর AB এবং A_2B এইরূপ দুইটি যৌগিক পদার্থ। ABর প্রতি অণুতে

একটি A পরমাণু ও একটি B পরমাণু থাকে এবং A_2Bর প্রতি অণুতে দুইটি A এবং একটি B পরমাণু থাকে। মনে কর, Aর পারমাণবিক গুরুত্ব a এবং Bর পারমাণবিক গুরুত্ব b।

সুতরাং ABতে,

a-গ্রাম্ A, b-গ্রাম্ Bর সহিত সংযুক্ত,

আবার, A_2Bতে

2a-গ্রাম্ A, b-গ্রাম্ Bর সহিত সংযুক্ত।

সুতরাং দুইটি যৌগিক পদার্থে Aর যে ওজন Bর b-গ্রামের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে তাহাদের অনুপাত,

a : 2a অথবা 1 : 2।

ইহা হইতে বুঝা যাইতেছে যে, অণুর মধ্যে পরমাণুগুলি সরল অনুপাতে থাকে বলিয়াই ওজনের মধ্যে এই সরল অনুপাত দেখা যায়।

রাসায়নিক সংযোগবিধিসমূহ ও ডাল্‌টন তত্ত্ব :

গুণানুপাত সূত্রের ন্যায় অন্যান্য রাসায়নিক সংযোগবিধিসমূহও ডাল্‌টন তত্ত্বের সাহায্যে সহজে বুঝা যায়।

(১) **বস্তুর অবিনাশিতাবাদ :** ডাল্‌টনের মতে রাসায়নিক ক্রিয়া বিভিন্ন পরমাণুর সংযোগ ও পুনর্বিন্যাস মাত্র, এবং ইহার ফলে পরমাণুর বিনাশ বা সৃষ্টি হয় না। সুতরাং, বদ্ধ পাত্রে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ওজনের কোনো তারতম্য হয় না।

(২) **স্থিরানুপাত সূত্র :** বিভিন্ন পরমাণুর সংযুক্তির ফলে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়। যৌগিক পদার্থের অণুতে মৌলিক পদার্থের পরমাণু-সংখ্যাও নির্দিষ্ট এবং প্রতি পরমাণুর ভারও নির্দিষ্ট। সুতরাং A_2B_3 যদি একটি যৌগিক পদার্থ হয়, এবং Aর পারমাণবিক গুরুত্ব a ও Bর পারমাণবিক গুরুত্ব b হয়, তবে A_2B_3র মধ্যে,

2a-গ্রাম্ A ও 3b-গ্রাম্ B থাকিবে,

সুতরাং A ও Bর ওজনের অনুপাত 2a : 3b হইবে।

(৩) বিপরীতানুপাত সূত্র বা যোজ্যতা-ভার সূত্র :

মনে কর A এবং B মিলিয়া AB নামে একটি যৌগিক পদার্থ, আবার B ও C মিলিয়া BC নামে অপর একটি যৌগিক পদার্থ হয়।

সুতরাং ABর মধ্যে,

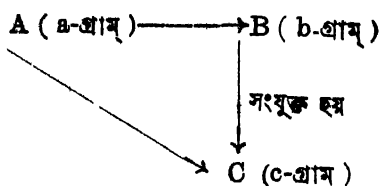
a-গ্রাম্ A, b-গ্রাম্ Bর সহিত সংযুক্ত হয়,

আর BCর মধ্যে, b-গ্রাম্ B, c-গ্রাম্ Cর সহিত সংযুক্ত হয়, অর্থাৎ

সংযুক্ত হয়

A (a-গ্রাম্) ⟶ B (b-গ্রাম্)

সংযুক্ত হয়

C (c-গ্রাম্)

এখন A এবং C যদি পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয়, তবে হয় A-র একটি পরমাণু C-র একটি পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইবে অর্থাৎ a : c এই অনুপাতে, না হয় এই অনুপাতের কোনো সরল গুণিতকে রাসায়নিক সংযোগ হইবে।

(৪) গে লুসাক-এর গ্যাসায়তন সূত্র :

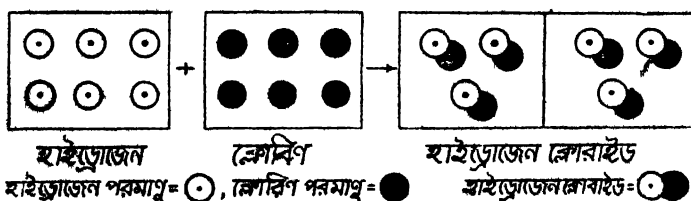
এই সূত্রানুসারে দুইটি গ্যাসের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া হইলে তাহাদের আয়তনগুলির মধ্যে সরল অনুপাত থাকিবে, এবং উৎপন্ন বস্তুটি গ্যাসীয় হইলে তাহার আয়তনের সহিত বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনেরও একটি সরল অনুপাত থাকিবে। যেমন,

2 ঘনায়তন হাইড্রোজেন + 1 ঘনায়তন অক্সিজেন = 2 ঘনায়তন স্টীম ; অথবা, 1 ঘনায়তন হাইড্রোজেন + 1 ঘনায়তন ক্লোরিন = 2 ঘনায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, ইত্যাদি।

ডাল্টনের মতে, বিভিন্ন পরমাণুর সরল অনুপাতের সংযুক্তি দ্বারা যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়, আর গে লুসাক দেখাইলেন যে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সংযুক্তিকালে তাহাদের আয়তনের অনুপাতও 1, 2 ইত্যাদি ক্ষুদ্র সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা যায়। ইহা হইতে বার্জেলিয়াস (Berzelius) সিদ্ধান্ত

করিলেন যে, একই চাপ ও উষ্ণতায় সমায়তন গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা সমান থাকে। এই মত গ্রহণ করিলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের রাসায়নিক ক্রিয়ায় কি ফল হয় দেখা যাউক।

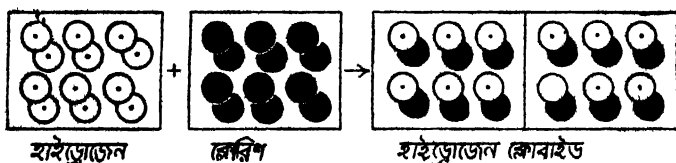
নিম্নের চিত্র হইতে দেখা যায় যে, সমায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে গ্যাস-কণিকার সংখ্যা হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের অর্ধেক। অপর পক্ষে, সমায়তন গ্যাসে পরমাণু সংখ্যা সমান করিতে গেলে ৬টি হাইড্রোজেন পরমাণু ও ৬টি ক্লোরিন পরমাণু হইতে ১২টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পরমাণু পাইতে হইবে।

অর্থাৎ, একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পরমাণুর জন্য $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন পরমাণু ও $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন পরমাণু লাগিবে।

৪৩নং চিত্র—বার্জেলিয়াসের মতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযুক্তি

কিন্তু ডাল্টনের মতে পরমাণু অবিভাজ্য। সুতরাং অবস্থা এমন দাঁড়াইল যে, হয় ডাল্টনের পরমাণুবাদ ভুল বলিতে হয়, না হয় গে লুসাকের সূত্রটির সত্যতা অস্বীকার করিতে হয়।

এই সময় আমাদিও অ্যাভোগাড্রো (Amadio Avogadro) নামক জনৈক ইতালীয় বৈজ্ঞানিক দেখাইলেন যে, ডাল্টনের পরমাণুবাদের সহিত গে লুসাক-সূত্রের বিরোধের মীমাংসা হয়, যদি আমরা পরমাণু ও অণু (Atoms and Molecules) এই দুই প্রকার বস্তুকণার অস্তিত্ব স্বীকার করি। পদার্থের স্বাধীনসত্তাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম অংশই অণু (Molecule)। অ্যাভোগাড্রো বলিলেন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্লোরিন গ্যাসের কণিকাগুলি যে পরমাণুই হইবে এমন কোনো কথা নাই। বস্তুত অধিকাংশ

ক্ষেত্রেই ইহারা দুই বা ততোধিক পরমাণুদ্বারা গঠিত অণু। বার্জেলিয়াসের প্রকল্পটি পরিবর্তিত আকারে অ্যাভোগাড্রো কর্তৃক পুনঃপ্রচারিত হইল। তিনি বলিলেন, 'একই চাপ ও উষ্ণতায় সমায়তন গ্যাসের মধ্যে সমান-সংখ্যক অণু থাকিবে'। ইহাই সুবিখ্যাত **অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প** (Avogadro's hypothesis)।

যদি আমরা মানিয়া লই যে প্রতি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দুইটি পরমাণুদ্বারা গঠিত, তবে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে আয়তন হিসাবে এক ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ ক্লোরিন কিরূপে দুইভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হইতে পারে তাহা সহজেই বুঝা যায়। নীচের চিত্রে প্রতিটি বর্গক্ষেত্র দ্বারা সমায়তন গ্যাস বুঝানো হইয়াছে। মনে কর, প্রথম বর্গক্ষেত্রে ৬টি হাইড্রোজেন অণু আছে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর নিয়মানু-

৪৭ নং চিত্র—হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযুক্তি

সারে দ্বিতীয়টিতে ৬টি ক্লোরিন অণু ও তৃতীয়টিতে ১২টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু থাকা উচিত। উপরের চিত্র দেখিলে বুঝিতে পারিবে যে, ইহা হইতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের সংযুক্তিতে আয়তনের সরল অনুপাতটি কত সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। এখানে,

হাইড্রোজেন (6 অণু) + ক্লোরিন (6 অণু) = হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (12 অণু)
1 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন

সুতরাং এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাওয়া যাইবে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন হইতে।

পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু অণু অবিভাজ্য নহে। সুতরাং ডাল্টন-মতবাদের সহিত অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প সম্পূর্ণ সামঞ্জস্যপূর্ণ।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ : অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে রসায়নের নানা গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়। ইহা হইতে আমরা বুঝিতে পারি যে,

(১) হাইড্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাসের অণুগুলি **অন্ততঃপক্ষে দুইটি** পরমাণু লইয়া গঠিত।

(২) কোনো পদার্থের আণবিক গুরুত্ব তাহার বাষ্পীয় ঘনত্বের (Vapour density) দুই গুণ।

(৩) প্রমাণ-চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P.) যে কোনো গ্যাসের এক গ্রাম্-অণু (Gram Molecule) ওজনের আয়তন 22·4 লিটার।

ইহা হইতে আমরা পাই,—

(ক) বিভিন্ন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি,

(খ) বহু মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি,

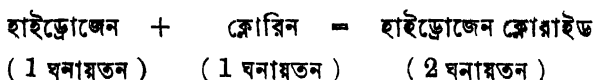
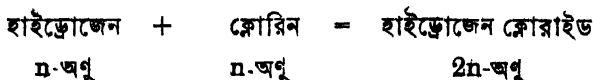
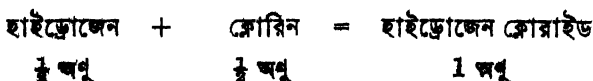
(গ) গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়াকালীন আয়তন অনুপাত হইতে গ্যাসের আণবিক সংকেত।

(১) হাইড্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাস দ্বি-পরমাণুক : হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের রাসায়নিক ক্রিয়ায় আমরা দেখিয়াছি যে,

হাইড্রোজেন	+	ক্লোরিন	=	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
(1 ঘনায়তন)		(1 ঘনায়তন)		(2 ঘনায়তন)

যদি প্রতি ঘনায়তনে 'n' অণু থাকে তবে অ্যাভোগাড্রোর মতে,

হাইড্রোজেন	+	ক্লোরিন	=	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
n-অণু		n-অণু		2n-অণু

অথবা,

হাইড্রোজেন	+	ক্লোরিন	=	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
$\frac{1}{2}$ অণু		$\frac{1}{2}$ অণু		1 অণু

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্বারা গঠিত, সুতরাং ইহার মধ্যে প্রতি অণুতে অন্ততঃ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু নিশ্চয়ই থাকিবে। এই একটি করিয়া পরমাণু যখন

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অর্ধ-অণু হইতে আসিয়াছে, তখন অণুগুলিতে নিশ্চয়ই অন্ততঃ দুইটি পরমাণু আছে। তা'ছাড়া হাইড্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাস দ্বি-পরমাণুক—এই অনুমান হইতে যে সমস্ত সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া গিয়াছে সেগুলি নির্ভুল প্রমাণিত হওয়ায়, এই অনুমান সত্য বলিয়া গ্রহণ করা যাইতে পারে।

(২) আণবিক গুরুত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্ব (Vapour density) : অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে একই চাপ ও উষ্ণতায় সম ঘনায়তন গ্যাসে সমানসংখ্যক অণু থাকে। সুতরাং সমায়তন দুইটি গ্যাসের ওজনের অনুপাত তাহাদের অণুগুলির ওজনের অনুপাতের সমান। হাইড্রোজেন গ্যাস সর্বাপেক্ষা হালকা, সেইজন্য অন্য সমস্ত গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব হাইড্রোজেনের সহিত তুলনা করা হয়। একই চাপ ও উষ্ণতায় কোনো গ্যাস সমায়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা যত ভারী, অর্থাৎ উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব যত, উহার অণুও হাইড্রোজেন অণুর ততগুণ ভারী। কিন্তু *হাইড্রোজেন পরমাণুকে আণবিক গুরুত্বের একক ধরা হয় বলিয়া হাইড্রোজেন অণু = 2, সুতরাং, যে কোনো গ্যাসের,

$$\text{আণবিক গুরুত্ব} = 2 \times \text{বাষ্পীয় ঘনত্ব}$$

এই সিদ্ধান্তটি নিম্নে আরও সহজে বুঝানো হইল।

$$\text{বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{কোনো গ্যাসের বিশেষ ঘনায়তনের ওজন}}{\text{(একই অবস্থায়) সমায়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে একই ঘনায়তনের দুইটি গ্যাসে (একই অবস্থায়) অণুর সংখ্যা সমান। সুতরাং বাষ্পীয় ঘনত্ব যদি D হয়, এবং উপরের ঘনায়তনে গ্যাস ও হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যা যদি হয় 'n', তবে,—

---

*বর্তমানে অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 16·00, অর্থাৎ কোনো পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর $\frac{1}{16}$ ভাগ অপেক্ষা কত ভারী, তাহা দ্বারাই পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করা হয়। এই মান অনুসারে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008 হয়।

সুতরাং, $M = 2·016 \times D$.

$$D = \frac{\text{গ্যাসের 'n' অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 'n' অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব}}{2 \times \text{হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব}}$$

[যেহেতু, হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক এবং হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 1·00]

$$\therefore \quad D = \frac{M}{2}, \quad \text{অথবা} \quad M = 2 \times D$$

ইহার সাহায্যে কোনো গ্যাসীয় বা উদ্‌বায়ী তরল পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় বাষ্পীয় ঘনত্ব জানা থাকিলে, তাহার আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

পারমাণবিক গুরুত্ব :

(ক) কোনো মৌলিক গ্যাসের অণুতে যদি পরমাণুর সংখ্যা জানা থাকে, তবে তাহার আণবিক গুরুত্বকে পরমাণুর সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যাইবে। বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে আণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। উদাহরণস্বরূপ, অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 16·00, সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব = 32। অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক। অতএব, ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব = $\frac{32}{2}$ = 16।

(খ) **চ্যানিৎসারো'র (Canizzaro) পদ্ধতি :** 1858 সালে অ্যাভোগাড্রোর আর এক স্বদেশবাসী দেখাইয়াছিলেন যে, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব। যে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে, তাহার কতকগুলি

গ্যাসীয় বা উদ্‌বায়ী যৌগিক পদার্থ লইয়া বাষ্পীয় ঘনত্বের সাহায্যে তাহাদের আণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হইবে। অতঃপর ঐ সমস্ত যৌগিক পদার্থের বিশ্লেষণ দ্বারা উহাদের এক গ্রাম্‌-অণুতে উক্ত মৌলিক পদার্থের কত গ্রাম্‌ আছে, তাহা বাহির করিতে হইবে। এইগুলি নিশ্চয়ই পারমাণবিক গুরুত্বের গুণিতক। এইরূপে, অনেকগুলি যৌগিক পদার্থ লইলে তাহাদের মধ্যে কোনো একটিতে নিশ্চয়ই একটি পরমাণু থাকিবে। সুতরাং সেইটির গ্রাম্‌-অণুতে মৌলের ওজন সর্বাপেক্ষা কম হইবে। এই ওজনটিই উক্ত মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব। উদাহরণস্বরূপ, এই পদ্ধতিতে অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইতে পারে।

অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ	ঘনত্ব (H = 1)	ঘনত্ব × 2 = আণবিক গুরুত্ব	পদার্থের গ্রাম্‌-অণুতে, অক্সিজেনের পরিমাণ (গ্রাম্‌)
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	22	44	$32 = 2 \times 16$
কার্বন মনোক্সাইড (CO)	14	28	$16 = 1 \times 16$
নাইট্রিক অক্সাইড (NO)	15	30	$16 = 1 \times 16$
জল (H_2O)	9	18	$16 = 1 \times 16$
সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)	32	64	$32 = 2 \times 16$

এই সমস্ত যৌগিক পদার্থের গ্রাম্‌-অণুতে অক্সিজেনের ন্যূনতম ওজন পাওয়া যায় 16। সুতরাং, 16 অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব।

(৩) সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় যে-কোনো গ্যাসের এক গ্রাম্‌-অণুর আয়তন 22·4 লিটার।

কোনো পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্রাম্‌ হিসাবে প্রকাশ করিলে তাহাকে উক্ত পদার্থের **গ্রাম্‌-অণু (Gram Molecule)** বলা হয়। যেমন অক্সিজেনের

আণবিক গুরুত্ব 32, অতএব এক গ্রাম্-অণু অক্সিজেনে 32 গ্রাম্ অক্সিজেন থাকিবে। সেইরূপ, এক গ্রাম্-অণু হাইড্রোজেনে 2·016 গ্রাম্ হাইড্রোজেন, এবং এক গ্রাম্-অণু নাইট্রোজেনে 28 গ্রাম্ নাইট্রোজেন থাকিবে।

পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে, প্রমাণ-চাপ ও উষ্ণতায় এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·089 গ্রাম্।

সুতরাং এক গ্রাম্-অণু বা 2·016 গ্রাম্ (অক্সিজেন = 16) হাইড্রোজেনের আয়তন হইবে $\frac{2 \cdot 016}{0 \cdot 089} = 22 \cdot 4$ লিটার।

অক্সিজেনের এক গ্রাম্-অণু 32 গ্রাম্ ; ইহার ঘনত্ব = 15·88 ।

সুতরাং প্রমাণ অবস্থায়, 1 গ্রাম্-অণু অক্সিজেনের আয়তন

$$= \frac{32}{15 \cdot 88 \times 0 \cdot 089} = 22 \cdot 4 \text{ লিটার।}$$

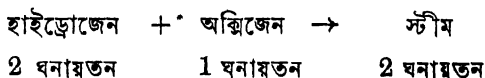
এইরূপে যে-কোনো গ্যাস লইয়া দেখানো যায় যে, প্রমাণ অবস্থায় তাহার এক গ্রাম্-অণুর আয়তন সর্বক্ষেত্রেই 22·4 লিটার।

(8) গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়াকালীন আয়তন-অনুপাত হইতে তাহাদের আণবিক সংকেতঃ

উদাহরণঃ জলের আণবিক সংকেত নির্ণয় :—

পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে,

হাইড্রোজেন + অক্সিজেন → স্টীম

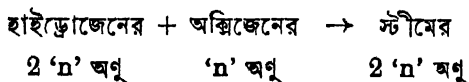
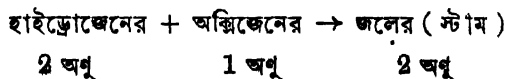
2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন

যদি প্রতি ঘনায়তনে অণুর সংখ্যা 'n' হয়, তবে,

হাইড্রোজেনের + অক্সিজেনের → স্টীমের

2 'n' অণু 'n' অণু 2 'n' অণু

অথবা

হাইড্রোজেনের + অক্সিজেনের → জলের (স্টীম)

2 অণু 1 অণু 2 অণু

অতএব, জলের 1 অণু = 1 অণু হাইড্রোজেন + ½ অণু অক্সিজেন।

কিন্তু, এক অণু হাইড্রোজেনে দুইটি পরমাণু, এবং ½ অণু অক্সিজেনে

একটি পরমাণু আছে। অতএব, জলের অণু দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু লইয়া গঠিত, এবং ইহার আণবিক সংকেত H_2O।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা : কোনো গ্যাসের এক গ্রাম্-অণুর আয়তন প্রমাণ অবস্থায় সর্বদাই 22·4 লিটার। সুতরাং এই আয়তনে অণুর সংখ্যাও নির্দিষ্ট। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, কোনো পদার্থের এক গ্রাম্-অণুতে অণুর সংখ্যা নির্দিষ্ট। মনে কর, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন w গ্রাম্, সুতরাং হাইড্রোজেন অণুর ওজন 2w গ্রাম্।

অতএব 1 গ্রাম্-অণু বা 2 গ্রাম্ হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা হইবে,

$$\frac{2}{2w} = \frac{1}{w}.$$

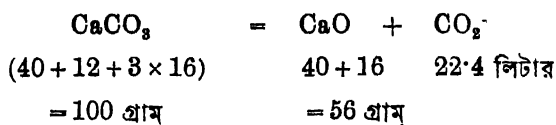
আবার, অক্সিজেনের ঘনত্ব = 16, অতএব একটি অক্সিজেন অণুর ওজন হইবে, $16 \times 2w = 32w$, সুতরাং অক্সিজেনের এক গ্রাম্-অণুতে বা 32 গ্রাম-এ

$$\text{অণুর সংখ্যা} = \frac{32}{16 \times 2w} = \frac{1}{w}.$$

অতএব, যে কোনো পদার্থের এক গ্রাম্-অণুতে সমানসংখ্যক অণু থাকিবে। ইহা একটি নিত্য-সংখ্যা (constant), এবং অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা (Avogadro's Number) নামে পরিচিত। নানা উপায়ে নির্ণয় করিয়া ইহার পরিমাণ $6·06 \times 10^{23}$ বলিয়া জানা গিয়াছে। অর্থাৎ, যে-কোনো পদার্থের 1 গ্রাম্-অণুতে $6·06 \times 10^{23}$ অণু থাকে।

উপরের আলোচনায় দেখিয়াছি যে, বিক্রিয়ক গ্যাসের গ্রাম্-অণু ও তাহাদের আয়তনের মধ্যে একটি বিশেষ সম্পর্ক আছে। সুতরাং কোনো রাসায়নিক ক্রিয়ায় বিক্রিয়কদের ওজন হইতে সহজেই তাহাদের আয়তন নির্ণয় করা সম্ভব।

উদাহরণ (1) : এক কিলোগ্রাম্ চুনাপাথর ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করিলে তাহা হইতে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) পাওয়া যাইবে নির্ণয় কর। [Ca = 40, C = 12, O = 16]

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$(40+12+3\times16) \quad 40+16 \quad 22{\cdot}4 \text{ লিটার}$$
$$=100 \text{ গ্রাম্} \quad =56 \text{ গ্রাম্}$$

উপরের সমীকরণে দেখা যায় যে এক গ্রাম-অণু $CaCO_3$ হইতে এক গ্রাম্-অণু CO_2 পাওয়া যায়। কিন্তু, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 গ্রাম্-অণু CO_2 গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে,

100 গ্রাম্ $CaCO_3$ হইতে 22·4 লিটার CO_2 পাওয়া যায়

অতএব, 1 ,, ,, ,, $\frac{22{\cdot}4}{100}$,, ,, ,, ,,

অথবা 1000 ,, ,, ,, $\frac{22{\cdot}4\times1000}{100}$

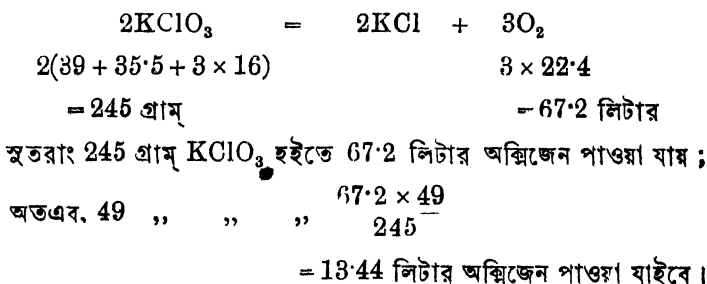
= 224 লিটার ,, ,, যাইবে।

উদাহরণ (2) : 49 গ্রাম্ পটাস ক্লোরেট ($KClO_3$) হইতে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে নির্ণয় কর। [K = 39, Cl = 35·5, O = 16]

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$
$$2(39+35{\cdot}5+3\times16) \quad 3\times22{\cdot}4$$
$$=245 \text{ গ্রাম্} \quad =67{\cdot}2 \text{ লিটার}$$

সুতরাং 245 গ্রাম্ $KClO_3$ হইতে 67·2 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায় ;

অতএব, 49 ,, ,, ,, $\frac{67{\cdot}2\times49}{245}$

= 13·44 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

Exercises

1. Is there any relationship between the volumes of reacting gases? Explain the relationship with the help of two examples. Can you explain this relationship with the help of any particular hypothesis? [বিক্রিয়াশীল গ্যাসের আয়তনের মধ্যে কোনো সম্পর্ক আছে কি? দুইটি উদাহরণ দ্বারা সম্পর্কটি বুঝাইয়া দাও। কোনো বিশেষ প্রকল্পের সাহায্যে এই সম্পর্কটি ব্যাখ্যা করিতে পার কি?]

2. State the following laws with illustrations :—

(a) Law of gaseous volumes ; (b) Law of reciprocal proportions. How can you explain the above laws with the help of Dalton's Atomic Theory ? [ডাল্‌টনতত্ত্বের সাহায্যে উল্লিখিত সূত্রগুলি কিরূপে ব্যাখ্যা করিবে ?]

3. State Avogadro's hypothesis. Why do you believe it to be true ? [অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পটি বল। ইহাকে তুমি সত্য বলিয়া বিশ্বাস কর কেন ?]

4. How can molecular weights and atomic weights be deduced with the help of Avogadro's hypothesis ? [অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করা যায় ?]

5. What evidences are usually put forward in support of the di-atomicity of the chlorine molecule ? [ক্লোরিণ গ্যাসের দ্বি-পারমাণুকতার সপক্ষে কি কি প্রমাণ দেওয়া হয় ?]

6. Find the volume of hydrogen at S. T. P. obtained by the action of excess of dil. H_2SO_4 on 16·35 gms. of Zinc. [Zn = 65·4]

[16·35 গ্রাম্ জিঙ্কের সহিত অতিরিক্ত লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত লিটার হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইবে, নির্ণয় কর।]

(Ans : 5·6 litres)

7. Find the volume of nitrogen gas at S. T. P. obtained by heating 16 gms. of ammonium nitrite. [N = 14, H = 1, O = 16]

[16 গ্রাম্ অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (NH_4NO_2) উত্তপ্ত করিয়া প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত লিটার নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইবে বাহির কর।]

(Ans : 5·6 litres)

সপ্তদশ অধ্যায়

পারমাণবিক ও আণবিক গুরুত্ব

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের কয়েকটি পদ্ধতি নিম্নে দেওয়া হইল।

(১) **যোজনভার হইতে :**

পারমাণবিক গুরুত্ব = যোজ্যতা × যোজনভার

এই পদ্ধতিতে যোজনভার হইতে নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। যোজনভার নির্ণয়ের পদ্ধতি সম্বন্ধে পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে। যোজ্যতা বাহির করিবার জন্য প্রথমে অন্য কয়েকটি উপায়ে পারমাণবিক গুরুত্ব মোটামুটিভাবে বাহির করা হয়, এবং এই পারমাণবিক গুরুত্বকে যোজনভার দ্বারা ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তাহার নিকটতম পূর্ণ সংখ্যাই যোজ্যতা।

মোটামুটিভাবে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের জন্য অবলম্বিত কয়েকটি পদ্ধতি নিম্নে দেওয়া হইল।

(১) **চ্যানিৎসারো'র পদ্ধতি (Canizzaro's Method) :** এই পদ্ধতি পূর্বে আলোচিত হইয়াছে। ইহার জন্য প্রথমে বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হয়। বাষ্পীয় ঘনত্ব (vapour density) নির্ণয়ের পদ্ধতি পরে বর্ণিত হইয়াছে।

(২) **ডুলং ও পেতিত-এর সূত্র (Dulong and Petit's Rule) :** কোনো মৌলিক পদার্থের,

পারমাণবিক গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ (sp. heat) = 6·4 (প্রায়)

$$\text{সুতরাং, পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6\cdot4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}।$$

কোনো পদার্থের এক গ্রাম্-এর উষ্ণতা 1° সে. গ্রে. বৃদ্ধি করিতে যে উত্তাপ লাগে, তাহাকে আপেক্ষিক তাপ বলে। পারমাণবিক গুরুত্ব ও

আপেক্ষিক তাপের গুণফলকে **পারমাণবিক তাপ** (Atomic heat) বলা হয়। ডুলং ও পেতিত-এর মতে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক তাপের পরিমাণ প্রায় 6·4।

উদাহরণ : কপারের আপেক্ষিক তাপ 0·1 এবং যোজ্যতাভার 31·8। ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

ডুলং ও পেতিত-এর সূত্র হইতে কপারের মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব

$$= \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 1} = 64$$

সুতরাং ইহার যোজ্যতা $= \frac{64 \cdot 0}{31 \cdot 8} = 2 \cdot 02$। কিন্তু যোজ্যতা সর্বদা পূর্ণ সংখ্যা হইবে, সুতবাং যোজ্যতা = 2

অতএব, কপারের সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব $= 31 \cdot 8 \times 2 = 63 \cdot 6$।

আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight) : অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে আমরা পাই—

আণবিক গুরুত্ব = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব

সুতরাং, পরীক্ষা দ্বারা যদি কোনো গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব স্থির করা যায়, তবে তাহার আণবিক গুরুত্বও পাওয়া যাইবে। বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয়ের অনেক পদ্ধতি আছে, তাহাদের মধ্যে দুইএকটি সম্বন্ধে আমরা কিছু আলোচনা করিব।

(১) যে সমস্ত পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাসীয়, তাহাদের ঘনত্ব বাহির করিতে হইলে একটি বৃহৎ কাচগোলক বায়ুশূন্য করিয়া ওজন করা হয়। অতঃপর গোলকটি, পর পর যে গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করিতে হইবে সেই গ্যাস, ও পরে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা একই উষ্ণতা ও চাপে পূর্ণ করিয়া ওজন করা হয়।

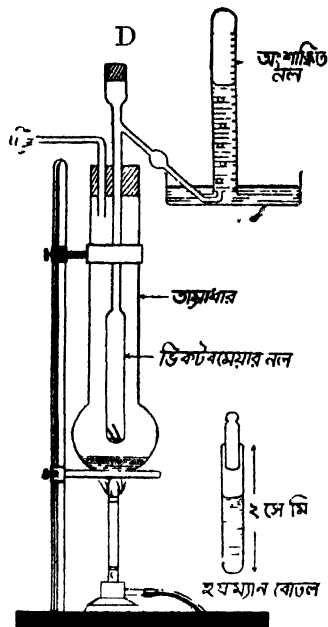
মনে কর—

বায়ুশূন্য গোলকটির ওজন $= w_1$ গ্রাম্
গোলক + গ্যাসের ওজন $= w_2$ গ্রাম্
গোলক + হাইড্রোজেনের ওজন $= w_3$ গ্রাম্

সুতরাং, গোলকমধ্যস্থ গ্যাসের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম্

„ হাইড্রোজেনের ওজন $= W_3 - W_1$ গ্রাম্

অতএব, ঘনত্ব $= \dfrac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1}$.

(২) **ভিক্‌টর মেয়ার-এর পদ্ধতি (Victor Meyer's Method) ঃ** উদ্‌বায়ী তরল পদার্থের (যেমন, ক্লোরোফর্ম কিংবা ইথার) বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয়ে ভিক্‌টর মেয়ার-এর পদ্ধতি বিশেষ সুবিধাজনক। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রে একটি দীর্ঘ নলের নীচের দিকটা বাল্‌বের মত করা থাকে, এবং উপরের দিকে একটি পার্শ্ব-নল (নির্গম-নল) থাকে। যন্ত্রটি উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া আর একটি বড় তাম্রনির্মিত বেষ্টনী-নলের মধ্যে বসানো হয়। এই তাম্রপাত্রে এমন একটি তরল পদার্থ লওয়া হয় যাহার স্ফুটনাঙ্ক, যে পদার্থের ঘনত্ব বাহির করিতে হইবে, তাহার অপেক্ষা 15-20° বেশী। পার্শ্বনলটি একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীতে রাখা হয়, এবং তাম্রপাত্রটি উত্তপ্ত করিয়া ইহার মধ্যস্থ তরল পদার্থটি ফুটানো হয়। কিছুক্ষণ ফুটিতে থাকিলে, ভিক্‌টর মেয়ার যন্ত্রের মধ্যস্থ বাতাস প্রসারিত হইয়া যতটা সম্ভব বুদ্‌বুদ্‌

৪৮নং চিত্র—বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয়, ভিক্‌টর মেয়ার-এর পদ্ধতি

আকারে বাহির হইয়া যাইবে। যখন আর বুদ্‌বুদ্‌ উঠিবে না, তখন নির্গম-নলের উপর একটি জলপূর্ণ অংশাঙ্কিত নল উপুড় করিয়া দেওয়া হয়, এবং 'D' ছিপিটি খুলিয়া তরলপদার্থপূর্ণ একটি অতি ক্ষুদ্র বোতল (হফ্‌ম্যান

বোতল, 1 সে. মি. লম্বা ও 3 মি. মি. চওড়া) ভিক্টর মেয়ার যন্ত্রের মধ্যে ফেলিয়া যন্ত্রের মুখ আবার ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। বোতল-মধ্যস্থিত তরলপদার্থের সঠিক ওজন পূর্বেই জানা থাকে। বাষ্পচাপে হফ্‌ম্যান বোতলের ছিপি খুলিয়া সমস্ত তরলপদার্থটি দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়, এবং তাহার নিজের আয়তনের সমান বায়ু নল হইতে অপসারণ করে। এই অপসারিত বায়ু অংশাঙ্কিত নলে গিয়া জমা হয়। বুদ্‌বুদ্‌ ওঠা শেষ হইয়া গেলে অংশাঙ্কিত নলটি একটি জলপূর্ণ বৃহৎ জারে ডুবাইয়া তৎকালীন উষ্ণতা ও বায়ুচাপে ইহার আয়তন স্থির করা হয়।

গণনা ঃ মনে কর কোনো পরীক্ষায়—

হফ্‌ম্যান বোতলের ওজন $= w_1$ গ্রাম্‌

হফ্‌ম্যান বোতল + তরলপদার্থের ওজন $= w_2$,,

সুতরাং, তরলপদার্থের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম্‌।

সঞ্চিত বায়ুর আয়তন $= v$ সি. সি.

বায়ু-চাপ $= p$ মি. মি.

উষ্ণতা $= t^\circ$ সে. গ্রে.

t° সে. গ্রে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ মি. মি.

প্রথমে উক্ত v সি. সি. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত সি. সি. হইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। মনে কর v সি. সি. প্রমাণ অবস্থায় v′ সি. সি. হয়। সুতরাং,

$$\frac{(p-f)\times v}{273+t} = \frac{760\times v'}{273}$$

অতএব, $$v' = \frac{(p-f)\times v\times 273}{(273+t)\times 760}$$

প্রমাণ অবস্থায় v′ সি. সি. গ্যাসের ওজন $(w_2 - w_1)$ গ্রাম্‌।

এবং v′ সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন $= 0{\cdot}000089 \times v'$

অতএব ঘনত্ব $= \dfrac{v' \text{ সি. সি. গ্যাসের ওজন}}{v' \text{ সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$= \frac{(w_2 - w_1)}{v' \times 0{\cdot}000089}$$

উদাহরণঃ ইথারের ঘনত্ব নির্ণয়ের জন্য কোনো ভিক্টর মেয়ার পরীক্ষায়,

খালি হফ্‌ম্যান বোতলের ওজন $= 2{\cdot}786$ গ্রাম্

ইথার + „ „ „ $= 2{\cdot}886$ গ্রাম্

সঞ্চিত বায়ুর আয়তন $= 31{\cdot}6$ সি. সি.

বায়ু-চাপ (ব্যারোমিটার হইতে) $= 794$ মি. মি.

জলের উষ্ণতা $= 17^{\circ}$ সে. গ্রে.

17° সে. গ্রেডে জলীয়বাষ্প চাপ $= 14$ মি. মি.

ইথারের ঘনত্ব ও ইহার আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[উত্তর : ঘনত্ব $= 36{\cdot}8$
আণবিক গুরুত্ব $= 73{\cdot}6$]

এই সকল পরীক্ষায় প্রাপ্ত ঘনত্ব খুব নির্ভুল হয় না, সেইজন্য আণবিক গুরুত্বও খুব মোটামুটিভাবে পাওয়া যায়।

নির্ভুল আণবিক গুরুত্বঃ পারমাণবিক গুরুত্ব ও আণবিক সংকেত হইতে গণনা করিলে সঠিক আণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। এইজন্য অণুস্থিত প্রতিটি পরমাণুর সংখ্যাকে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব দিয়া গুণ করিয়া গুণফলগুলিকে যোগ করিতে হয়।

উদাহরণঃ ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেটের ($CaCO_3$) আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেটের আণবিক সংকেত $CaCO_3$।

সুতরাং, $1 \times Ca = 1 \times 40{\cdot}0 = 40{\cdot}0$

$1 \times C = 1 \times 12{\cdot}0 = 12{\cdot}0$

$3 \times O = 3 \times 16{\cdot}0 = 48{\cdot}0$

মোট $= 100{\cdot}0$

অতএব, ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেটের আণবিক গুরুত্ব $= 100$।

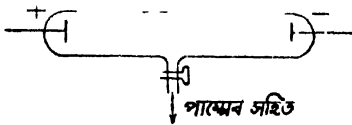
———

অষ্টাদশ অধ্যায়

পরমাণুর গঠন, ইলেক্‌ট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন

ডাল্‌টনের মতে পরমাণু ছিল পদার্থের ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য অংশ। কিন্তু গত ৬০ বৎসরের গবেষণায় বৈজ্ঞানিকগণ নিঃসংশয়ে প্রমাণ করিয়াছেন যে, পরমাণু নিজেই আরও ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকা দ্বারা গঠিত। পরমাণু গঠনে অংশ-গ্রহণকারী কণিকাদের মধ্যে ইলেক্‌ট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন—এই তিনটিই প্রধান।

ইলেক্‌ট্রন :

ঊনবিংশ শতকের শেষভাগে স্যার জে. জে. টম্‌সন (Sir J. J. Thompson) নিম্ন চাপে একটি কাচনলে রক্ষিত কোনো গ্যাসের মধ্যদিয়া বিদ্যুৎক্ষরণকালে এক নূতন রশ্মির সন্ধান লাভ করেন। পরে নানা পরীক্ষা দ্বারা তিনি প্রমাণ করেন যে, এই নূতন রশ্মিটি বেগে ধাবমান অপরা-বিদ্যুতান্বিত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকার সমষ্টিমাত্র। ক্ষরণ নলের (Discharge tube) মধ্যে দুইটি প্লাটিনাম বিদ্যুৎদ্বার (electrode) থাকে। তাহাদের একটি আবেশ কুণ্ডলীর (Induction coil) পরা প্রান্তে ও অন্যটি অপরা প্রান্তে সংযুক্ত

৪৯ নং চিত্র—গ্যাসের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎক্ষরণ

থাকে। পরা প্রান্তে সংযুক্ত বিদ্যুৎদ্বারকে অ্যানোড (Anode) এবং অপরা প্রান্তে সংযুক্ত বিদ্যুৎদ্বারকে ক্যাথোড (cathode) বলে। একটি পাম্পের সাহায্যে নলমধ্যস্থ গ্যাস বেশকিছু বাহির করিয়া দিলে দেখা যাইবে যে নলের ভিতরে কোনো আলো নাই, কিন্তু নলের কাচ হইতে এক-প্রকার সবুজ আলো নির্গত হইতেছে। পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে ক্যাথোড হইতে নির্গত এক রশ্মি আসিয়া কাচকে আঘাত করার জন্যই

কাচ হইতে সবুজ আলো বাহির হয়। ক্যাথোড হইতে ইহাদের যাত্রা শুরু হয় বলিয়া ইহাদের ক্যাথোড রশ্মি বলা হয়। এই ক্যাথোড রশ্মি লইয়া বিভিন্ন পরীক্ষার পর টম্সন সিদ্ধান্ত করিলেন যে, পরমাণু অপেক্ষা অনেক ক্ষুদ্র (হাইড্রোজের পরমাণুর $\frac{1}{1837}$ ভাগ মাত্র) অপরাবিদ্যুতায়িত এক প্রকার কণিকা বেগে ধাবিত হওয়ার ফলেই ইহার সৃষ্টি। এই কণিকাগুলিই ইলেকট্রন। টম্সন আরও দেখাইলেন যে ক্ষরণ-নলে যে গ্যাসই লওয়া হউক, ইলেকট্রনের প্রকৃতি একই থাকে। অর্থাৎ সমস্ত পদার্থে একই ইলেকট্রন বিদ্যমান।

ইহার কিছুকালের মধ্যেই তেজস্ক্রিয় (Radio-active) পদার্থের আবিষ্কার হয়। তখন দেখা গেল যে তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে নির্গত বিটা-রশ্মিও (β-rays) ইলেকট্রনের সমষ্টি। এই সমস্ত পরীক্ষা ও তথ্য হইতে বৈজ্ঞানিকগণ সিদ্ধান্ত করিলেন যে ইলেকট্রন পরমাণু-গঠনের একটি উপাদান।

ইলেকট্রনের ভার ও বিদ্যুৎমাত্রা (Mass and charge of electrons) : ইলেকট্রনের ভার হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রায় $\frac{1}{1837}$ ভাগ, এবং ইহার বিদ্যুৎমাত্রা (charge) $1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব্। ইহা অপেক্ষা কম বিদ্যুৎমাত্রা বিশিষ্ট কোনো কণিকা আজ পর্যন্ত আবিষ্কৃত হয় নাই বলিয়া ইহা বিদ্যুৎমাত্রার একক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রোটন (Proton) : পরমাণুগুলি সমগ্রভাবে বিদ্যুৎ-নিরপেক্ষ। সুতরাং ইহার মধ্যে যদি অপরাবিদ্যুতায়িত কণিকা থাকে, তবে নিশ্চয়ই পরা-বিদ্যুতায়িত কণিকারও সন্ধান পাওয়া যাইবে। এই বিশ্বাসে ক্যাথোড রশ্মি ক্ষরণ-নলে সবিশেষ পরীক্ষা দ্বারা জে. জে. টম্সন আর একটি রশ্মির সন্ধান পাইলেন, এবং দেখিলেন যে ইহা গতিশীল পরাবিদ্যুতায়িত কণিকার সমষ্টি। এই কণিকাগুলি অ্যানোড হইতে ক্যাথোডে আসে এবং ইহারা ইলেকট্রন অপেক্ষা অনেক ভারী। পরে পরীক্ষা দ্বারা তিনি প্রমাণ করিলেন যে ইহাদের ভার হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান (1·0076) হইলেও বিদ্যুৎমাত্রা ইলেকট্রনের সমান। অবশ্য ইলেকট্রন অপরাবিদ্যুতায়িত, আর এই কণিকাগুলি পরা-বিদ্যুতায়িত। ইহাদের নাম হইল প্রোটন (Proton)।

নিউট্রন (Neutron)ঃ ১৯৩২ খৃষ্টাব্দে স্যাডউইক্ (Chadwick) পরমাণু-গঠনের উপাদান আর এক প্রকার কণিকা আবিষ্কার করিলেন। এই কণিকাগুলির ভার প্রোটনের প্রায় সমান, কিন্তু বিদ্যুৎমাত্রা শূন্য, অর্থাৎ ইহারা বিদ্যুৎ-নিরপেক্ষ (Electrically neutral)।

এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে বৈজ্ঞানিকগণ সিদ্ধান্ত করিলেন যে পদার্থ মাত্রেরই পরমাণু ইলেক্ট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা গঠিত। অর্থাৎ সমস্ত মৌলিক পদার্থ গঠনের মূল উপাদান এক। বিভিন্ন মৌলের মধ্যে যে পার্থক্য, তাহা শুধু তাহাদের **পরমাণুতে ইলেক্ট্রন ও প্রোটনের সংখ্যায় পার্থক্য।**

এখন স্বভাবতই প্রশ্ন হইবে, পরমাণুর মধ্যে এই সমস্ত কণিকাগুলি কিরূপে বিন্যস্ত থাকে? একটি বিখ্যাত পরীক্ষা হইতে ব্রিটিশ বৈজ্ঞানিক রাদারফোর্ড (Lord Rutherford) সিদ্ধান্ত করেন যে পরমাণুর সমস্ত ভার একটি ক্ষুদ্র কেন্দ্রে সীমাবদ্ধ থাকে। সমগ্র পরমাণুর তুলনায় এই কেন্দ্রের আয়তন অতি ক্ষুদ্র। কেন্দ্রের ব্যাস পরমাণু-ব্যাসের $\frac{1}{10000}$ মাত্র। পরমাণুর এই কেন্দ্রগুলি পরাবিদ্যুতান্বিত, এবং প্রোটন ও নিউট্রন হইতেই পরমাণুর সমস্ত ভার উদ্ভূত। সুতরাং পরমাণু-কেন্দ্র প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা গঠিত মনে করা যাইতে পারে। কেন্দ্রে প্রোটনের সংখ্যা তাহার মোট পরাবিদ্যুৎমাত্রার সহিত সমান। রাদারফোর্ড তাঁহার পরীক্ষা হইতে এই বিদ্যুৎমাত্রার পরিমাণও নিরূপণ করেন। ইহাকে কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রা (Nuclear charge) বলা হয়।

পূর্বে বলা হইয়াছে যে পরমাণুব সমস্ত ভার কেন্দ্রে সীমাবদ্ধ, কিন্তু পরমাণুর আয়তন কেন্দ্র অপেক্ষা অনেক বেশী। রাদারফোর্ডের পরীক্ষা হইতে আরও বোঝা যায় যে কোনো পদার্থের দুইটি পরমাণু কেন্দ্রের মধ্যবর্তী শূন্য স্থান অধিকার করিয়া থাকে প্রায়-ভারশূন্য অপরাবিদ্যুতান্বিত কণিকা—ইলেক্ট্রন। পরমাণু সমগ্রভাবে বিদ্যুৎনিরপেক্ষ, সুতরাং এই ইলেক্ট্রনের সংখ্যা কেন্দ্রীয় প্রোটনের সংখ্যার সমান, এবং এই উভয় সংখ্যাই কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রার সমান। ইহার কিছুকাল পর বৈজ্ঞানিক মোজলী (Moseley)

বিভিন্ন পদার্থের উপর এক্স্‌-রশ্মির (X-ray) ক্রিয়া হইতে কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎ-মাত্রা নির্ণয় করেন এবং ইহাকে পরমাণু ক্রমাঙ্ক (Atomic number) বলিয়া অভিহিত করেন।

পরমাণু-ভার ও পরমাণু-ক্রম: প্রোটন ও নিউট্রনের ভার প্রায় হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান (কারণ, হাইড্রোজেন পরমাণুর ভারও একটি প্রেটনের জন্য)। সেইজন্য, কোনো মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব তাহার প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যার উপর নির্ভরশীল। আবার পরমাণু ক্রমাঙ্ক হইতে মোট প্রোটনের সংখ্যা জানা যায়। সুতরাং, পারমাণবিক গুরুত্ব হইতে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বিয়োগ দিলে নিউট্রনের সংখ্যা পাওয়া যায়।

পরমাণুর গঠন—দ্বিতীয় পর্যায়—ইলেক্‌ট্রন-বিন্যাস

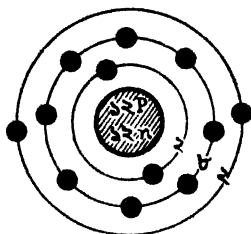
উপরের আলোচনায় দেখিয়াছ যে, কোনো পরমাণুতে মোট ইলেকট্রন-সংখ্যা তাহার পরমাণু ক্রমাঙ্কের সমান। পরমাণুর মধ্যে হাইড্রোজেন পরমাণুই সরলতম। ইহাতে একটিমাত্র প্রোটন ও একটি ইলেকট্রন থাকে। প্রোটন ও ইলেকট্রন বিপরীত-ধর্মী, সুতরাং যাহাতে ইলেকট্রন কেন্দ্রীয় প্রোটনে গিয়া না পড়ে সেইজন্য মনে করা হয় যে, সৌরজগতে সূর্যকে বেষ্টন করিয়া যেমন গ্রহ-উপগ্রহগুলি ঘুরিতেছে, তেমনি কেন্দ্রকে বেষ্টন করিয়া ঘুরিতেছে ইলেকট্রন। গ্রহ-উপগ্রহের ঘুরিবার যেমন নির্দিষ্ট কক্ষপথ (orbit) আছে, ইলেকট্রনেরও সেইরূপ নির্দিষ্ট পথ আছে। এই কক্ষপথগুলিতে আবার ইলেকট্রনের সংখ্যা নির্দিষ্ট থাকে। যেমন, প্রথম কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের উধ্বর্ সংখ্যা 2, দ্বিতীয় পথে 8, তৃতীয় পথে 18, ইত্যাদি। সুতরাং কোনো মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ও পরমাণু ক্রমাঙ্ক জানা থাকিলে আমরা তাহার পরমাণুর ইলেকট্রনীয় চিত্ররূপ লিখিতে পারি।

উদাহরণ: ম্যাগ্‌নেসিয়ামের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 12, ও পারমাণবিক গুরুত্ব 24; ইহার পরমাণু চিত্র দাও।

ইলেকট্রন-সংখ্যা $= 12$

প্রোটন-সংখ্যা $= 12$

নিউট্রন-সংখ্যা $= 24 - 12 = 12$

সুতরাং,

৫০নং চিত্র—ম্যাগ্‌নেসিয়াম পরমাণু

অর্থাৎ, ম্যাগ্‌নেসিয়ামের ইলেকট্রন-বিন্যাস,

	১ম	২য়	৩য়
Mg.	2	8	2

ইলেকট্রনের কক্ষপথগুলি ইংরেজী K, L, M, N, O, P প্রভৃতি অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয়; যথা—১ম কক্ষপথ K, ২য় L, ইত্যাদি। বিভিন্ন কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের ঊর্ধ্বতম সংখ্যা নিম্নে দেওয়া হইল,

$K = 2$

$L = 8$

$M = 18$

$N = 32$

একটু লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে কক্ষপথের ক্রমিকসংখ্যা যদি 'n' হয়, তবে এই সংখ্যাগুলি $2 \times n^2$ দ্বারা প্রকাশ করা যায়। যেমন—

K-পথে n = 1, সুতরাং ইহার ইলেকট্রন-সংখ্যা $2 \times 1^2 = 2$
L „ n = 2 „ „ „ „ $2 \times 2^2 = 8$
M „ n = 3 „ „ „ „ $2 \times 3^2 = 18$
N „ n = 4 „ „ „ „ $2 \times 4^2 = 32$
ইত্যাদি।

বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রন-বিন্যাসের এই পরিপূর্ণ রূপ দেখা যায় হিলিয়াম, নিয়ন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ক্ষেত্রে। ইহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাস নিম্নে দেওয়া হইল।

পরমাণু	পরমাণু ক্রমাঙ্ক	K	L	M	N	O	P
He	2	2					
Ne	10	2	8				
A	18	2	8	8			
Kr	36	2	8	18	8		
Xe	54	2	8	18	18	8	
Rn	86	2	8	18	32	18	8

উপরের ইলেকট্রন-বিন্যাসগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে ইহাদের শেষ কক্ষে ইলেকট্রন-সংখ্যা সর্বদাই 8, কেবল হিলিয়ামের বেলা 2। পূর্বে বলিয়াছি যে, রাসায়নিক ক্রিয়ার মূলে আছে বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনের আদানপ্রদান। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির ইলেকট্রন-ব্যবস্থা খুব স্থায়ী হওয়ায় তাহাদের পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন আদানপ্রদানের কোনো আগ্রহ নাই, এবং তাহারা কোনো রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। সেইজন্য তাহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাসই সমস্ত পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসের আদর্শ। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বিভিন্ন কক্ষে ইলেকট্রন-সংখ্যা যে সব সময় ঐ কক্ষের জন্য নির্দিষ্ট উর্ধ্বতম সংখ্যা তাহা না-ও হইতে পারে। যেমন,

আর্গনের বেলায় দেখি M কক্ষপথে ৮টি ইলেকট্রন, যদিও ঐ কক্ষের ঊর্ধ্বতম সংখ্যা 18। এখানে বলা হয় যে আর্গনের পরমাণুকেন্দ্রের 18 পরাবিদ্যুৎ মাত্রার পক্ষে বাহ্যতম কক্ষে ৮টিই যথেষ্ট স্থায়ী, সুতরাং আর্গনেরও ইলেকট্রন-ব্যবস্থা স্থায়ী। অন্যান্য পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসকালে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির বিন্যাস সর্বদা চোখের সম্মুখে রাখিতে হইবে।

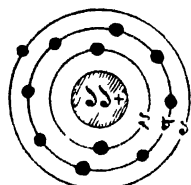
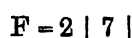
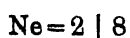
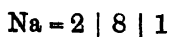
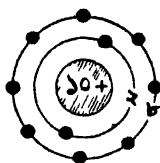
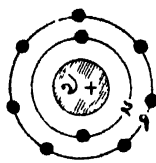
উদাহরণ: সোডিয়াম (Na), ফ্লুওরিন (F), ক্লোরিন (Cl), ও পটাসিয়ামের (K) ইলেকট্রন-বিন্যাস দেখাও।

পরমাণু	পরমাণুক্রম	K	L	M	N
Na	11	2	8	1	
F	9	2	7		
Cl	17	2	8	7	
K	19	2	8	8	1

লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে, ইলেকট্রনগুলিকে প্রথমে নিকটবর্তী পরমাণু-ক্রমাঙ্কবিশিষ্ট নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মত করিয়া বিন্যস্ত করা হইয়াছে। তারপর বাড়তি ইলেকট্রনগুলিকে শেষের একটি নূতন কক্ষে স্থান দেওয়া হইয়াছে। যেমন সোডিয়ামের ইলেকট্রন-সংখ্যা 11, সুতরাং ইহার ১০টি ইলেকট্রন নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের (পরমাণুক্রম = 10) মত; K-কক্ষে 2 ও L-কক্ষে 8—এইরূপ দেওয়া হইয়াছে, এবং বাড়তি ইলেকট্রনটিকে M-কক্ষে স্থান করিয়া দেওয়া হইয়াছে।

পরমাণু-গঠন ও রাসায়নিক ক্রিয়া: নিয়ন, আর্গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া নাই। বৈজ্ঞানিকগণ মনে করেন যে তাহাদের ইলেকট্রন-ব্যবস্থার বিশেষ স্থায়িত্বই তাহাদের এই জড়ত্বের কারণ। সুতরাং, অন্যান্য পরমাণুও ইলেকট্রন ত্যাগ অথবা গ্রহণ দ্বারা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থায়িত্ব পাইতে চেষ্টিত হয় এবং এই চেষ্টার পরিণতি হয় রাসায়নিক ক্রিয়ায়। যেমন সোডিয়ামের পরমাণুক্রম 11 এবং ফ্লুওরিনের 9। সুতরাং, সোডিয়াম একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করিলে, এবং ফ্লুওরিন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে তাহাদের উভয়েরই ইলেকট্রন-বিন্যাস নিয়নের

(পঃ ক্রঃ = 10) মত হইবে। নিম্নের চিত্রে সোডিয়াম, নিয়ন ও ফ্লুওরিনের ইলেক্‌ট্রন-চিত্র দেওয়া হইল।

Na = 2 | 8 | 1 Ne = 2 | 8 F = 2 | 7 |

৫১নং চিত্র—সোডিয়াম, নিয়ন ও ফ্লুওরিনের ইলেক্‌ট্রন-চিত্র

লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি যে সমস্ত ধাতুকে আমরা ক্ষার-ধাতু বলি, তাহাদের সকলেরই পরমাণু ক্রমাঙ্ক কোনো নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা 1 বেশী। যেমন,

লিথিয়াম = 3 (হিলিয়াম 2 + 1)

সোডিয়াম = 11 (নিয়ন 10 + 1)

পটাসিয়াম = 19 (আর্গন 18 + 1), ইত্যাদি।

এই সকল ক্ষার-ধাতুর পরমাণু সুযোগ পাইলেই ১টি ইলেক্‌ট্রন ত্যাগ করিয়া নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ ইলেক্‌ট্রন-বিন্যাস লাভ করে, এবং পরাবিদ্যুতায়িত আয়নে পরিণত হয়। সেইরূপ, ক্যাল্‌সিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর পরমাণুক্রম নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা 2 বেশী।

ম্যাগ্‌নেসিয়াম = 12 (নিয়ন 10 + 2)

ক্যাল্‌সিয়াম = 20 (আর্গন 18 + 2)

সেইজন্য ইহাদের পরমাণু দুইটি ইলেক্‌ট্রন ত্যাগের দ্বারা নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বিন্যাস প্রাপ্ত হয়, ও দুই-মাত্রা-বিশিষ্ট পরাবিদ্যুতায়িত আয়নে পরিণত হয়।

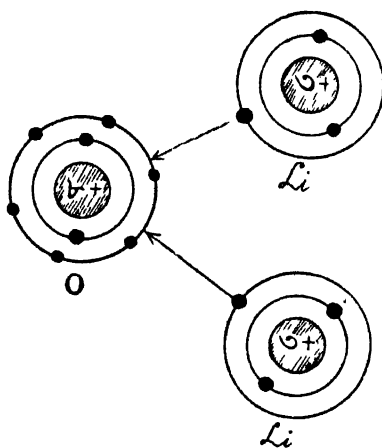
আবার দেখি, ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতির পরমাণু ক্রমাঙ্ক নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা 1 কম।

ফ্লুওরিন = 9 (নিয়ন 10 – 1)

ক্লোরিন = 17 (আর্গন 18 – 1)

ব্রোমিন = 35 (ক্রপ্‌টন 36 – 1), ইত্যাদি।

এই সকল ক্ষেত্রে পরমাণুগুলি সুযোগ পাইলেই একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বিন্যাস লাভ করে, ও অপরাবিদ্যুতায়িত আয়নে পরিণত হয়। এইরূপে অক্সিজেন বা সালফার পরমাণু দুইটি ইলেকট্রন লাভের দ্বারা নিজ ইলেকট্রন চাহিদা পূর্ণ করে।

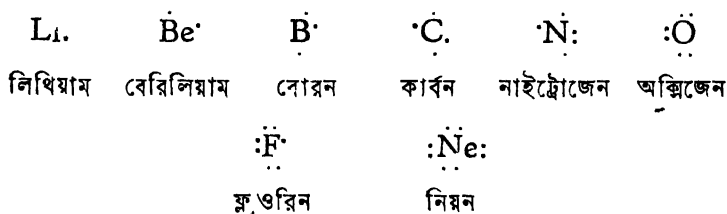
আয়নীয় যোজ্যতা বা ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা (Ionic valency or Electro valency)ঃ আমরা দেখিয়াছি যে সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতির পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করিতে ব্যাগ্র, আবার ক্লোরিন, ফ্লুওরিন

৫২নং চিত্র—লিথিয়াম ও অক্সিজেনের সংযুক্তি

প্রভৃতির পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে ব্যাগ্র। সুতরাং এইরূপ দুইটি পরমাণু নিকটবর্তী হইলে, তৎক্ষণাৎ একটি হইতে অন্যটিতে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয় এবং দুইটি পরমাণুই আয়নে পরিণত হইয়া নিষ্ক্রিয়

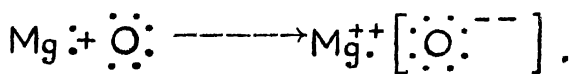
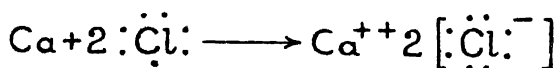
গ্যাসের ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করে। ফলে, সোডিয়াম ও ক্লোরিন পরমাণু যথাক্রমে সোডিয়াম আয়ন এবং ক্লোরিন আয়নে রূপান্তরিত হইয়া বিপরীত বিদ্যুৎ-ধর্মের জন্য বৈদ্যুতিক শক্তিতে আকৃষ্ট হইয়া পরস্পরের সহিত সংযুক্ত থাকে। এইরূপে সোডিয়াম ও ক্লোরিন পরমাণু হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড অণুর সৃষ্টি হয়। এইপ্রকার যোজ্যতাকে আয়নীয় বা ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা বলা হয়। লিথিয়াম পরমাণুর সহিত অক্সিজেনের সংযুক্তি ৫২নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

পরমাণুর বাহ্যতম কক্ষের ইলেকট্রনগুলিই শুধু রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। সেইজন্য অনেক সময় পরমাণুর সমগ্র গঠন না দেখাইয়া কেবলমাত্র বাহ্যতম কক্ষের ইলেকট্রনগুলিই দেখানো হয়। যেমন,

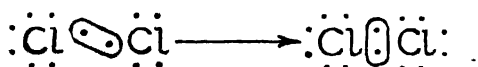
$Li\cdot$	$\dot{Be}\cdot$	$\dot{B}\cdot$ (নীচে •)	$\cdot\dot{C}\cdot$ (নীচে •)	$\cdot\dot{N}:$ (নীচে •)	$:\dot{O}$ (নীচে ••)
লিথিয়াম	বেরিলিয়াম	বোরন	কার্বন	নাইট্রোজেন	অক্সিজেন

$:\ddot{F}\cdot$ (নীচে ••)	$:\ddot{Ne}:$ (নীচে ••)
ফ্লুওরিন	নিয়ন

আমরা পূর্বে বলিয়াছি যে, হিলিয়াম ব্যতীত প্রত্যেক নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বাহ্যতম কক্ষে ৮টি ইলেকট্রন থাকে, সুতরাং প্রত্যেক মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ অথবা গ্রহণ দ্বারা এই অষ্টক (octet) পূর্তির জন্য চেষ্টিত হয়। যথা—

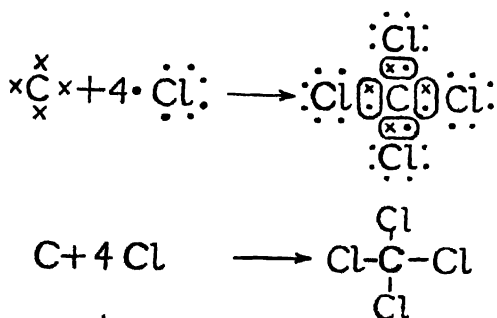
$$Ca + 2\,:\ddot{Cl}: \longrightarrow Ca^{++}\,2\,[:\ddot{Cl}:^{-}]$$

$$Mg:\; + \;\ddot{O}: \longrightarrow Mg^{++}\,[:\ddot{O}:^{--}]\,.$$

সমযোজ্যতা (Co-valency)ঃ এতক্ষণ আমরা রাসায়নিক সংযোগের কারণ বলিয়া যাহা বর্ণনা করিলাম, তাহা এক বিশেষ ধরনের যৌগিক পদার্থ সৃষ্টির ক্ষেত্রে কার্যকরী। কিন্তু আরও অনেক রাসায়নিক ক্রিয়া আছে যাহাদের

ক্ষেত্রে এই ধরনের ব্যাখ্যা সম্পূর্ণ অনুপযোগী। উদাহরণস্বরূপ, দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর ক্লোরিন অণুতে রূপান্তরিত হওয়ার কথা ধরা যাইতে পারে। এক্ষেত্রে উভয় পরমাণুই আপন আপন 'অষ্টক' পূর্তির জন্য ইলেকট্রন লাভের জন্য ব্যগ্র, সুতরাং কে কাহাকে দিবে? পরমাণুদ্বয় তখন এক বিচিত্র উপায়ে নিজেদের অষ্টক পূর্ণ করে। উভয় পরমাণু একটি করিয়া ইলেকট্রন দান করিয়া এক ইলেকট্রন-যুগল সৃষ্টি করে। এই ইলেকট্রন-যুগল উভয়েরই সম্পত্তি। উভয়েরই অষ্টক পরিপূরণের জন্য ইহার প্রয়োজন; সুতরাং এই ইলেকট্রন-যুগলকে ছাড়িয়া কেহ যাইতে পারে না। ফলে ইহা উভয়ের মধ্যে মিলনের যোগসূত্র রচনা করে।

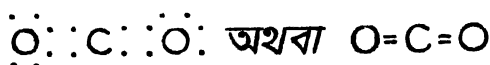
$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}\cdot\ \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}\longrightarrow :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:$$

ইহাকে সমযোজ্যতা বলে, এবং এই ধরনের বন্ধনীকে 'সমযোজক বন্ধনী' (co-valent bonds) বলা হয়। কেন্দ্রে পরাবিদ্যুতের জন্য পরমাণুর পক্ষে **দুইটির** বেশী ইলেকট্রন একবারে ত্যাগ করা অথবা গ্রহণ করা খুবই কঠিন। সেইজন্য যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে অষ্টক পরিপূরণের

$$\times\overset{\times}{\underset{\times}{C}}\times + 4\cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \longrightarrow :\ddot{Cl}\,\overset{:\ddot{Cl}:}{\underset{:\ddot{Cl}:}{\overset{\times\cdot}{\underset{\times\cdot}{\dot{\times}C\dot{\times}}}}}\,\ddot{Cl}:$$

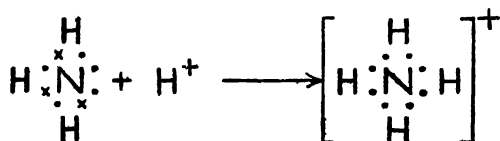
$$C + 4\,Cl \longrightarrow Cl-\overset{Cl}{\underset{Cl}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-Cl$$

জন্য ৩ অথবা তাহার অধিক ইলেকট্রন ত্যাগ অথবা গ্রহণের প্রয়োজন হয়, তাহাদের সংযুক্তি প্রায়ই সমযোজক বন্ধনীর সাহায্যে হয়। উদাহরণস্বরূপ কার্বন ও ক্লোরিনের সংযুক্তির কথা ধরা যাইতে পারে।

প্রতিটি ইলেকট্রন-যুগল একটি বন্ধনী রচনা করে বলিয়া অনেক সময় একটি দাঁড়ির সাহায্যে এই বন্ধনী বুঝানো হয়।

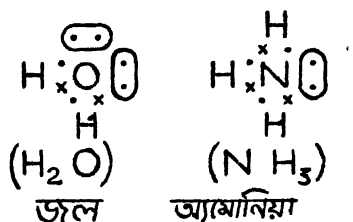
অনেক সময় একাধিক ইলেকট্রন-যুগল দুইটি পরমাণুর মধ্যে বন্ধনী রচনা করে। যেমন কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠনে অক্সিজেন ও কার্বন পরমাণুর মধ্যে দুইজোড়া করিয়া ইলেকট্রন-বন্ধনী না ধরিলে অষ্টক পূরণ হয় না।

$$\ddot{\underset{..}{O}}::C::\ddot{O}: \quad \text{অথবা} \quad O=C=O$$

এইরূপে দ্বিগুণ, ত্রিগুণ প্রভৃতি বন্ধনীর (Double bond, Triple bond) সৃষ্টি হয়।

অসমযোজ্যতা (Co-ordinate Co-valency): সমযোজী বন্ধনী রচনাকালে প্রতিটি সংযুক্ত পরমাণু হইতে ১টি ইলেকট্রন আসিয়া ইলেকট্রন-যুগলের সৃষ্টি করে। কিন্তু কতকগুলি ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, ইলেকট্রন-যুগলের দুইটি ইলেকট্রনই কোনো **বিশেষ পরমাণু** কর্তৃক প্রদত্ত হয়। অ্যামোনিয়ার ইলেকট্রনীয় সংকেত লিখিলে দেখিবে যে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত সংযুক্তির পরেও নাইট্রোজেন পরমাণুর একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-যুগল (Lone pair of electrons) থাকিয়া যায়।

$$H\overset{H}{\underset{H}{:N:}} + H^{+} \longrightarrow \left[H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:H\right]^{+}$$

সেইজন্য অ্যামোনিয়া একটি হাইড্রোজেন আয়নের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম আয়নের সৃষ্টি করে। এইরূপ যোজ্যতাকে **অসমযোজ্যতা (Co-ordinate Co-valency)** বলে। এই যোজ্যতার জন্য চাই এমন একটি পরমাণু যাহাতে অন্তত একটি নিঃসঙ্গ পরমাণু-যুগল বর্তমান, এবং

আর একটি পরমাণু, যাহার অষ্টক পূরণে অন্তত দুইটি ইলেকট্রনের অভাব। জল, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি অণুতে এইরূপ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-যুগল থাকে বলিয়া তাহারা এইপ্রকার বন্ধনী সৃষ্টি করিতে সক্ষম।

(H_2O) জল (N H_3) অ্যামোনিয়া

আইসোটোপ (Isotope) ও মৌলিক পদার্থের একস্থানিকতা (Isotopism)

আমরা দেখিয়াছি যে, কোনো মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব তাহার প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যার উপর নির্ভরশীল। প্রোটন ও নিউট্রন অবিভাজ্য, সুতরাং আশা করা যায় যে, বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব সর্বদাই পূর্ণ সংখ্যা হইবে। কার্যক্ষেত্রে কিন্তু ইহার বিপরীত ব্যবহারই পরিলক্ষিত হয়। অধিকাংশ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বেই ভগ্নাংশ থাকে। পরে, আইসোটোপ অর্থাৎ একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু আবিষ্কারের ফলে তত্ত্ব ও তথ্যের এই বিরোধের অবসান ঘটিল। নানা পরীক্ষা দ্বারা দেখা গেল যে অনেক মৌলিক পদার্থই দুই-তিন প্রকার ভার-বিশিষ্ট পরমাণু দ্বারা গঠিত। আমরা যে পারমাণবিক গুরুত্ব পাই তাহা ঐ সকল বিভিন্ন ওজনের গড় মাত্র, এবং সেইজন্যই তাহাতে ভগ্নাংশ থাকে। ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ক্লোরিনের মধ্যে 35·0 ও 37·0 ভার-বিশিষ্ট দুইপ্রকার পরমাণু আছে, এবং 35·5 ইহাদেরই গড়। পারমাণবিক গুরুত্ব ভিন্ন হইলেও ইহাদের রাসায়নিক প্রকৃতির কোনো পরিবর্তন হয় না, কারণ মৌলিক পদার্থের

রাসায়নিক ধর্ম নির্ভর করে তাহার কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রা বা পরমাণু ক্রমাঙ্কের উপর। পরমাণুকেন্দ্রে নিউট্রনের সংখ্যার তারতম্যের জন্যই আইসোটোপের সৃষ্টি হয়, কিন্তু বিভিন্ন আইসোটোপে প্রোটনের সংখ্যা নির্দিষ্ট থাকে। সুতরাং আইসোটোপকে একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু-প্রকার বলা যাইতে পারে।

অ্যাসটন (John Aston) উদ্ভাবিত 'ম্যাস্ স্পেক্টোগ্রাফ্ (Mass Spectrograph) যন্ত্রের সাহায্যে একই মৌলে বিভিন্ন ওজনের পরমাণুর অর্থাৎ আইসোটোপের অস্তিত্বের সন্ধান পাওয়া যায়। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ক্লোরিনের মধ্যে 35 ও 37 ওজন বিশিষ্ট দুইপ্রকার পরমাণু আছে। ইহাদের ওজনের গড হিসাবে সাধারণ ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায় 35·457। ক্লোরিনের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 17, সুতরাং প্রত্যেক আইসোটোপের পরমাণুকেন্দ্রে ১৭টি প্রোটন থাকে। ইহা ছাড়া 35 ভারবিশিষ্ট আইসোটোপের পরমাণুকেন্দ্রে ১৮টি ও 37 ভারের কেন্দ্রে ২০টি নিউট্রন থাকিবে। এই দুই প্রকার আইসোটোপকে $_{17}Cl^{35}$ ও $_{17}Cl^{37}$—এইরূপে লেখা হয়। পরমাণু সংকেতের নীচে বাঁ-দিকে পরমাণু ক্রমাঙ্ক ও উপরে ডানদিকে পারমাণবিক গুরুত্ব দেওয়া হয়।

পরমাণুকেন্দ্রের কথা: রাদারফোর্ডের মতে পরমাণুকেন্দ্রে প্রোটন ও নিউট্রন কণিকাগুলি ঘনসন্নিবিষ্ট থাকে। কিন্তু আমরা জানি যে পরা-বিদ্যুতান্বিত দুইটি পদার্থ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। সুতরাং রাদার ফোর্ড-কল্পিত পরমাণুকেন্দ্রে একাধিক প্রোটনের সহ-অবস্থানের সম্ভাব্যতা সম্বন্ধে স্বভাবতই প্রশ্ন উঠিতে পারে। এই প্রশ্নের উত্তর দিয়াছিলেন হাইজেনবার্গ (Heisenberg)। তাঁহার মতে প্রোটন ও নিউট্রনের ক্রমাগত ইলেক্ট্রন-বিনিময়ের ফলে অনবরত ইহাদের রূপান্তর ঘটিতেছে। এই বিনিময়ের জন্য তাহাদের মধ্যে বিশেষ একপ্রকার আকর্ষণ জন্মে। ইহাই পরমাণুকেন্দ্রের স্থায়িত্বের কারণ। যে সব মৌলের কেন্দ্রে প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা খুব বেশী তাহাদের মধ্যে এই আকর্ষণশক্তির প্রভাব কম হওয়ায় কেন্দ্রটি অস্থায়ী ও ভঙ্গুর হয়। এইরূপ মৌলের কেন্দ্র হইতে নানা-

প্রকার রশ্মি নির্গত হয় বলিয়া ইহাদের **তেজস্ক্রিয়** (Radio-active) পদার্থ বলা হয়। তেজস্ক্রিয় পদার্থের মধ্যে ইউরেনিয়াম (92), রেডিয়াম (88) প্রভৃতির নাম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

তেজস্ক্রিয়তা ('Radio-activity) ঃ ফরাসী বৈজ্ঞানিক হেন্‌রি বেকেরেল (Henri Becquerel) ইউরেনিয়াম-ঘটিত কয়েকটি খনিজ পদার্থ লইয়া পরীক্ষা করিতে গিয়া দেখিলেন যে, এই সকল খনিজ পদার্থ হইতে একপ্রকার অদৃশ্য রশ্মি বাহির হইয়া কাঠের বাক্সে রক্ষিত আলোকচিত্রফলকের (photographic plate) উপর আলোর ন্যায় ক্রিয়া করে।

পরে মাদাম ক্যুরী (Madam Curie) ও তাঁহার স্বামী পিয়ের ক্যুরী, পিচ্‌ব্লেণ্ড্ (pitch blende) নামক একরূপ খনিজপদার্থ হইতে ইউরেনিয়াম অপেক্ষা অন্তত দশলক্ষ গুণ অধিক শক্তিশালী আর একটি মৌলিক পদার্থ আবিষ্কার করিলেন। ইহাই সুবিখ্যাত **রেডিয়াম** (Ra)।

ইউরেনিয়াম, রেডিয়াম প্রভৃতি যে সমস্ত পদার্থ এইরূপ রশ্মি বিকীরণ করে তাহাদিগকে তেজস্ক্রিয় পদার্থ বলা হয়। পরমাণুকেন্দ্রের অস্থায়িত্ব ও ভঙ্গুরতাই যে তেজস্ক্রিয়তার কারণ, সেকথা পূর্বেই বলিয়াছি।

তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রকৃতি ঃ তেজস্ক্রিয় রশ্মি পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, ইহার মধ্যে তিনটি বিভিন্ন প্রকার রশ্মি আছে। তাহাদিগকে যথাক্রমে **আল্‌ফা, বিটা** ও **গামা** রশ্মি বলা হয়। আল্‌ফা-রশ্মির মধ্যে থাকে পরাবিদ্যুৎবিশিষ্ট অপেক্ষাকৃত ভারী কণিকা। ইহাদের বিদ্যুৎমাত্রা 2 ও ওজন 4। বিটা-রশ্মি ক্যাথোড-রশ্মির ন্যায় ইলেক্‌ট্রনের সমষ্টিমাত্র এবং গামা-রশ্মি X-রশ্মিরই সগোত্র।

রেডিয়াম আবিষ্কারের অল্প কিছুকাল পরে দেখা গেল যে ইহার রশ্মি প্রয়োগে দুরন্ত কর্কটরোগাক্রান্ত টিসুর (Cancerous tissue) বৃদ্ধি সাময়িক-ভাবে বন্ধ থাকে। তাহার পর হইতে কর্কটরোগের (Cancer) চিকিৎসায় ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

মৌলিক পদার্থের রূপান্তর
(Transmutation of elements)

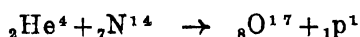
"খ্যাপা খুঁজেখুঁজে ফেরে পরশ পাথর"—যে পরশ পাথরের স্পর্শে লোহা সোনা হয়, শতাব্দীর পর শতাব্দী ধরিয়া অ্যাল্‌কেমিস্টগণ যাহার সন্ধানে ফিরিয়াছিলেন, সেই পরশ-পাথর আজ আর স্বপ্নমাত্র নহে। আধুনিক বিজ্ঞানীর অক্লান্ত চেষ্টায় আজ সেই স্বপ্ন সফল হইয়াছে।

অ্যাল্‌কেমির যুগ পার হইয়া রসায়ন যখন বিজ্ঞানের যুগে পদার্পণ করিল, এবং মৌলিক পদার্থের ধারণা রাসায়নিকের মনে সুস্পষ্ট রূপ গ্রহণ করিল, তখন তাঁহারা সিদ্ধান্ত করিলেন যে, এক মৌলিক পদার্থ কখনই অন্য কোনো মৌলিক পদার্থে রূপান্তরিত হইতে পারে না; সুতরাং অ্যালকেমিস্টদের পবশ-পাথরের সন্ধান বাতুলতা মাত্র।

পরে ক্যুরী, বেকেরেল প্রভৃতি বিজ্ঞানীগণ কর্তৃক তেজস্ক্রিয় পদার্থ আবিষ্কারের ফলে দেখা গেল, প্রকৃতিতে তেজস্ক্রিয় পদার্থের মধ্যে এক মৌলিক পদার্থ ক্রমাগতই আর এক মৌলিক পদার্থে রূপান্তরিত হইতেছে। মৌলের এই রূপান্তর আজ আর শুধু তেজস্ক্রিয় পদার্থেই সীমাবদ্ধ নাই। ১৯১৯ খৃস্টাব্দে রাদারফোর্ড নাইট্রোজেনকে কৃত্রিম উপায়ে অক্সিজেনে পরিণত করিয়া বিশ্ববাসীকে চমৎকৃত করিলেন।

পূর্বে বলা হইয়াছে যে, কোনো মৌলের বিশেষত্ব নির্ভর করে তাহার কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রা বা পরমাণু ক্রমাঙ্কের উপর। সুতরাং যদি কোনো উপায়ে এই কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রার পরিবর্তন সাধন করা যায়, তাহা হইলে পদার্থটিও পরিবর্তিত হইবে। তেজস্ক্রিয় পদার্থের কেন্দ্র হইতে আল্‌ফা-রশ্মির সহিত প্রোটন, বিটা-রশ্মির সহিত ইলেকট্রন ইত্যাদি নির্গত হওয়ায়, ইহার কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রার ক্রমাগত পরিবর্তন ঘটিতেছে ও ফলে এক মৌল অন্য মৌলে রূপান্তরিত হইতেছে। নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের পরমাণুক্রম যথাক্রমে 7 ও 8; সুতরাং ইহাদের কেন্দ্রে যথাক্রমে সাতটি ও আটটি প্রোটন আছে। এখন, কোনো উপায়ে নাইট্রোজেন-কেন্দ্রে একটি প্রোটন সন্নিবিষ্ট করিতে

পারিলেই নাইট্রোজেন অক্সিজেনে পরিণত হইবে। রাদারফোর্ড দেখাইলেন যে, রেডিয়াম হইতে বেগে নির্গত আল্‌ফা-কণিকার সহিত নাইট্রোজেন পরমাণুর সংঘাতের দ্বারা এই পরিবর্তন সাধন করা সম্ভব। এই সংঘাতের ফলে আল্‌ফা-কণিকা হইতে নাইট্রোজেন পরমাণুতে একটি প্রোটন ও দুইটি নিউট্রন প্রবেশ করিবে, এবং একটি প্রোটন আল্‌ফা-কণিকা হইতে বিচ্যুত হইয়া বাহির হইয়া যাইবে। এই পবিবর্তনটি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কবা যায়।

$$_2He^4 + _7N^{14} \rightarrow _8O^{17} + _1p^1$$

আল্‌ফা-কণিকাটি 2 বিদ্যুৎমাত্রাবিশিষ্ট হিলিয়াম পরমাণুকেন্দ্র বলিয়া ইহাকে $_2Ho^4$—এইভাবে লেখা হইয়াছে। $_1p^1$ প্রোটনের সংকেতরূপে ব্যবহৃত হয়। সংকেতে বাম পার্শ্বে নীচের দিকের সংখ্যাটি কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎ-মাত্রা ও দক্ষিণ পার্শ্বে উপরের দিকের সংখ্যাটি ভারের চিহ্নসূচক। এই পরিবর্তনেব ফলে কিন্তু ভার ও বিদ্যুৎমাত্রার মোট পরিমাণের কোনো পরিবর্তন হয় না।

শুধু যে আল্‌ফা কণিকা দ্বারাই পরমাণুব রূপান্তব সাধিত হয তাহা নহে। বেগে ধাবমান নিউট্রন, প্রোটন প্রভৃতি কণিকাও অনুরূপ উপায়ে পরমাণুর রূপান্তর ঘটাইতে সক্ষম।

কেন্দ্র বিদারণ (Nuclear fission) ও পারমাণবিক শক্তি (Atomic energy)ঃ কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রা অধিক হইলে পরমাণু অস্থায়ী ও ভঙ্গুর হয়, সেকথা পূর্বে বলা হইয়াছে। ১৯৩৯ খৃস্টাব্দে জার্মান বৈজ্ঞানিক অটো হান্ (Otto Haln) দেখান যে, মন্থরগতি নিউট্রনের সহিত সংঘাতের ফলে ইউরেনিয়াম (92) পরমাণু দুইভাগে বিভক্ত হইযা দুইটি বিভিন্ন পরমাণুর সৃষ্টি করে। ইউরেনিয়ামের ৯২টি প্রোটন এখন এই দুইটি নবজাত পরমাণুর মধ্যে বিভক্ত হয়। সুতরাং, নূতন পরমাণু দুইটির পরমাণু ক্রমাঙ্কের যোগফল হইবে 92। ইউরেনিয়াম পরমাণু এইরূপ দ্বিধা-বিভক্ত হওয়ার সময় ইহা হইতে প্রচণ্ড তাপ নির্গত হয়। এক পাউণ্ড কয়লা পোড়াইলে যে তাপ পাওয়া যায়, এক পাউণ্ড ইউরেনিয়াম হইতে তাহার 25 লক্ষ

গুণ অধিক তাপ উৎপন্ন হয়। ইউরেনিয়াম ছাড়া থোরিয়াম, প্লুটোনিয়াম প্রভৃতির পরমাণুকেন্দ্রও এইরূপ বিদীর্ণ করা যায়।

পরমাণু বোমা (Atom Bomb) : ইউরেনিয়াম কেন্দ্রের বিদারণকালে প্রতি পরমাণু হইতে কয়েকটি নিউট্রন মুক্তিলাভ করে। এই নিউট্রনগুলির সহিত অন্য ইউরেনিয়াম পরমাণুর সংঘর্ষের ফলে তাহারা ভাঙিয়া গিয়া পুনরায় নিউট্রন উৎপন্ন করে ও আবার নূতন নূতন ইউরেনিয়াম পরমাণু-কেন্দ্র আক্রমণ করে। ফলে এক অবিরাম ক্রিয়াপরম্পরার সৃষ্টি হইয়া অল্পকালের মধ্যেই বহু ইউরেনিয়াম পরমাণু বিদীর্ণ হইয়া প্রচণ্ড উত্তাপের সৃষ্টি করে।

কয়েক পাউণ্ড ইউরেনিয়াম ($_{92}U^{235}$), বা প্লুটোনিয়ামকে ($_{94}Pu^{239}$) খুব অল্প সময়ের মধ্যে ($\frac{1}{1000000}$ সেকেণ্ড) চাপ দিয়া সঙ্কুচিত করিলে তাহাদের পরমাণুগুলি ভাঙ্গিয়া যাওয়ার ফলে এক প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটে। ইহার প্রচণ্ডতা বিশ হাজার টন **টি. এন্. টি.** বিস্ফোরণের সমতুল্য। সাধারণ পরমাণু বোমাতে থাকে কয়েক পাউণ্ড ইউরেনিয়াম বা প্লুটোনিয়াম এবং তাহাদের চাপ দিয়া সহসা সঙ্কুচিত করার ব্যবস্থা। বর্তমানে পরমাণু বোমার চতুর্দিকে হাইড্রোজেন দেওয়া থাকে। পরমাণু বোমা বিস্ফোরণ-কালে যে তাপ উৎপন্ন হয়, তাহাতে হাইড্রোজেন পরমাণু সংযুক্ত হইয়া হিলিয়ামে পরিণত হয় এবং ইহার ফলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ বহুসহস্রগুণ বৃদ্ধি পায়। ইহাকে **হাইড্রোজেন বোমা** বলা হয়। সাধারণ পরমাণু বোমা অপেক্ষা ইহা বহুসহস্রগুণ শক্তিশালী।

আণবিক শক্তি : ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম প্রভৃতির পরমাণু-কেন্দ্র বিদারণের ফলে যে তাপ উৎপন্ন হয়, তাহা দ্বারা কলকারখানার ইঞ্জিন ইত্যাদি চালানো যাইতে পারে। কিন্তু এইরূপ কার্যে ব্যবহার করিতে হইলে বিদারণ-ক্রিয়াটি আয়ত্তাধীন হওয়া প্রয়োজন। বর্তমানে বৈজ্ঞানিকগণ ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম প্রভৃতির **রিয়্যাক্টর** (Reactor) প্রস্তুত করিয়াছেন। এই সকল রিয়্যাক্টরে কেন্দ্র-বিদারণ ক্রিয়ার গতিবেগ সংহত করার ফলে প্রয়োজনমত ধীরে ধীরে তাপ উৎপন্ন হয়। ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম প্রভৃতি

ধাতু প্রায় সকল দেশেই অল্পবিস্তর পাওয়া যায়। সুতরাং এই সকল ধাতু হইতে উৎপন্ন শক্তিই যে অদূর ভবিষ্যতে কলকারখানায় শক্তি জোগাইবে তাহাতে সন্দেহ নাই।

উনবিংশ অধ্যায়

জারণ-বিজারণ ক্রিয়া

(Oxidation and Reduction)

রাসায়নিক ক্রিয়ার জারণ-বিজারণের বিশেষ গুরুত্বের কথা পূর্বে বলিয়াছি। এই অধ্যায়ে আমরা এই প্রকার রাসায়নিক ক্রিয়া ও তাহাদের সমীকরণের সামঞ্জস্যবিধান সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

আমরা দেখিয়াছি যে বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে ইলেক্‌ট্রন আদান-প্রদানের ফলেই রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়, এবং পরমাণুর বাহ্যতম কক্ষের ইলেকট্রনগুলিই কেবলমাত্র এই সকল ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কোনো মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রন-সংখ্যা হ্রাস পাইলে ইহা জারিত হইয়াছে বলা হয়। সেইরূপ কোনো মৌলে ইলেক্‌ট্রন-সংখ্যা বৃদ্ধি পাইলে তাহা বিজারিত হয়। সুতরাং জারণ ইলেক্‌ট্রন-সংখ্যা হ্রাস এবং বিজারণ ইলেক্‌ট্রন-সংখ্যা বৃদ্ধি।

জারণ এবং বিজারণ সর্বদাই যুগপৎ ঘটিয়া থাকে। জারিত পদার্থের ইলেক্‌ট্রন গিয়া বিজারিত পদার্থে আশ্রয় লাভ করে। সুতরাং জারিত পদার্থের পরিত্যক্ত ইলেকট্রন সর্বদাই বিজারিত পদার্থের লব্ধ ইলেক্‌ট্রনের সমান হইবে।

মৌলের জারণাবস্থা (Oxidation state) : পরমাণুতে ইলেক্‌ট্রন-সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি জানা যায় উহার জারণাবস্থার পরিবর্তন হইতে। আয়নীয়

যৌগিক পদার্থে প্রতি আয়নের বিদ্যুৎমাত্রাই উহার জারণাবস্থা সূচিত করে। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডে সোডিয়ামের জারণাবস্থা $+1$ এবং ক্লোরিনের -1, ফেরিক্ ক্লোরাইডে আয়রনের $+3$ এবং ক্লোরিনের -1 ইত্যাদি।

কোনো পরমাণুর জারণাবস্থা জানিবার জন্য কয়েকটি সাধারণ নিয়ম আছে। নিয়মগুলি নীচে দেওয়া হইল।

(১) আয়নীয় পদার্থে এক-পারমাণবিক আয়নের বিদ্যুৎমাত্রাই উহার জারণাবস্থা।

(২) মৌলিক পদার্থের পরমাণুর জারণাবস্থা শূন্য বলিয়া ধরা হয়।

(৩) সমযোজী পদার্থের অংশীদার পরমাণুগুলির মধ্যে যেটি বেশী অপরাবিদ্যুৎ-ধর্মী (electro-negative), সাধারণ ইলেক্ট্রন-যুগল তাহারই অধিকারে থাকে বলিয়া ধরা হয়।

(৪) কোনো অণুতে বিভিন্ন পরমাণুর জারণাবস্থার যোগফল শূন্য। সুতরাং কয়েকটি পরমাণুর জারণাবস্থা জানা থাকিলে অন্যান্য পরমাণুর জারণাবস্থা নির্ণয় করা যায়। ফ্লুওরিনের জারণাবস্থা সমস্ত যৌগিক পদার্থেই -1, অক্সিজেনের -2, এবং হাইড্রোজেনের $+1$। কেবলমাত্র হাইড্রোজেন পারক্সাইডে (H_2O_2) অক্সিজেনের জারণাবস্থা -1, এবং সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতির হাইড্রাইডে হাইড্রোজেনের জারণাবস্থা -1।

উদাহরণ: সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) সাল্‌ফারের জারণাবস্থা নির্ণয় কর।

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে সাল্‌ফারের জারণাবস্থা যদি x হয়, তবে

$$2\times(+1)+x+4\times(-2)=0$$

সুতরাং, $2+x-8=0$

অথবা $x=+6$, অথবা সাল্‌ফারের জারণাবস্থা $+6$।

সেইরূপে,

(১) অ্যামোনিয়াতে (NH_3) নাইট্রোজেনের জারণাবস্থা -3

(২) ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে (H_3PO_4) ফস্‌ফরাসের $+5$

এবং (৩) বিউটেনে (C_4H_{10}) কার্বনের $+2{\cdot}5$, ইত্যাদি।

জারণ-বিজারণ রাসায়নিক ক্রিয়ার সমীকরণ সামঞ্জস্য :

জারণাবস্থার সাহায্যে জারণ-বিজারণ রাসায়নিক ক্রিয়ার সমীকরণে সামঞ্জস্য বিধান করিতে হইলে নিম্নলিখিত উপায়ে অগ্রসর হইতে হইবে।

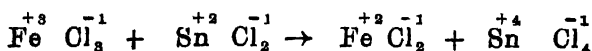
(১) প্রথমে বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থগুলি লিখিতে হইবে।

(২) তীর-চিহ্নের বাম ও দক্ষিণ উভয় পার্শ্বে প্রতি পরমাণুর জারণাবস্থা স্থির করিয়া পরমাণু-সংকেতের মাথায় তাহা লিখিয়া রাখিতে হইবে।

(৩) বিক্রিয়ার ফলে যে মৌলের পরমাণুর জারণাবস্থা বৃদ্ধি পাইয়াছে, সংশ্লিষ্ট ইলেকট্রনের সংখ্যা সহ এই বৃদ্ধি একটি সমীকরণের সাহায্যে নির্দেশ করা হয়। যে মৌলেব পরমাণুর জারণাবস্থা হ্রাস পায়, তাহার ক্ষেত্রেও অনুরূপ আর একটি সমীকরণ লেখা হয়।

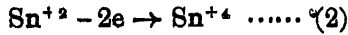
(৪) অতঃপর, উক্ত সমীকরণ দুইটিকে উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ কর হয়, যেন দুইটি সমীকরণে ইলেকট্রন-সংখ্যা সমান হয়। ইহাকে **আংশিক সমীকরণ** বলে। ইহা হইতে বিভিন্ন অণুর যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাহার সাহায্যে পূর্ণ সমীকরণটি সুসমঞ্জস করিয়া লেখা হয়।

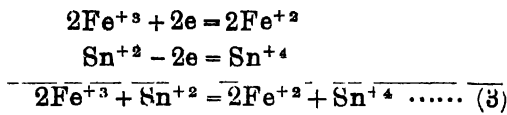
উদাহরণস্বরূপ, ফেরিক্ ক্লোরাইডের সহিত স্ট্যানাস্ ক্লোরাইডের রাসায়নিক ক্রিয়ার উল্লেখ করা যাইতে পারে। এই ক্রিয়ার ফলে ফেরিক্ ক্লোরাইড ($FeCl_3$), ফেরাস্ ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এবং স্ট্যানাস্ ক্লোরাইড ($SnCl_2$) স্ট্যানিক ক্লোরাইডে ($SnCl_4$) পরিণত হয়। খসড়া সমীকরণটি হইবে,

$$\overset{+3}{Fe}\ \overset{-1}{Cl_3} + \overset{+2}{Sn}\ \overset{-1}{Cl_2} \rightarrow \overset{+2}{Fe}\ \overset{-1}{Cl_2} + \overset{+4}{Sn}\ \overset{-1}{Cl_4}$$

এ স্থলে ফেরিক্ ক্লোরাইডে ($FeCl_3$) আয়রনের জারণাবস্থা $+3$, এবং ফেরাস্ ক্লোরাইডে $+2$। সুতরাং, ফেরিক্ হইতে ফেরাস্ অবস্থায় যাইতে আয়রন্ একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে।

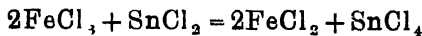
$$Fe^{+3} + 1e \rightarrow Fe^{+2} \ldots\ldots (1)$$

সেইরূপ স্ট্যানাস্ (Sn^{+2}) হইতে স্ট্যানিক্ (Sn^{+4}) অবস্থায় যাইতে টিন আয়ন দুইটি ইলেক্‌ট্রন ত্যাগ করে।

$$Sn^{+2} - 2e \rightarrow Sn^{+4} \quad \ldots\ldots (2)$$

সুতরাং দ্বিতীয় ক্রিয়া হইতে লব্ধ ইলেক্‌ট্রন দুইটি কাজে লাগাইতে হইলে এক নম্বর সমীকরণটিকে 2 দিয়া গুণ করিতে হইবে। তাহা হইলে দুইটি ক্রিয়ায় ইলেক্‌ট্রন-সংখ্যা সমান হইবে।

$$2Fe^{+3} + 2e = 2Fe^{+2}$$
$$Sn^{+2} - 2e = Sn^{+4}$$
$$\overline{2Fe^{+3} + Sn^{+2} = 2Fe^{+2} + Sn^{+4} \quad \ldots\ldots (3)}$$

তিন নম্বর সমীকরণটিকে আংশিক সমীকরণ বলা হয়। ইহা হইতে বলা যায় যে, ফেরিক্ ক্লোরাইড ও স্ট্যানাস্ ক্লোরাইডের অণু সংখ্যা যথাক্রমে, দুই এবং এক। অপর পার্শ্বে ফেরাস্ ও স্ট্যানিক্ ক্লোরাইডের অণু-সংখ্যাও দুই এবং এক।

অতএব পূর্ণ সমীকরণটি হইবে,

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$

উদাহরণ: নিম্নলিখিত জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণটির সামঞ্জস্য বিধান কর।

$$\overset{+1}{H}\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3} + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{S} \rightarrow \overset{+2}{N}\overset{-2}{O} + \overset{0}{S} + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}$$

$$2 \times \left(\overset{+5}{N} + 3e = \overset{+2}{N} \right)$$

$$3 \times (S^{-2} - 2e = S^{0})$$

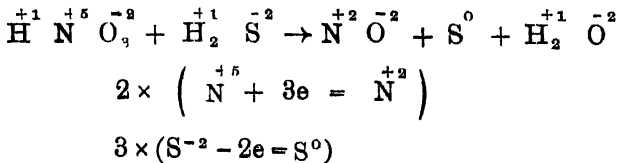
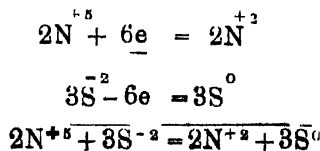
সুতরাং,

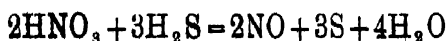
$$2\overset{+5}{N} + 6e = 2\overset{+2}{N}$$

$$3\overset{-2}{S} - 6e = 3\overset{0}{S}$$

$$\overline{2N^{+5} + 3S^{-2} = 2N^{+2} + 3S^{0}}$$

অতএব,

$$2HNO_3 + 3H_2S \rightarrow 2NO + 3S$$

সমীকরণটি এখনও উভয় পার্শ্বে সুসমঞ্জস হয় নাই, কারণ ইহাতে জলের অণু ধরা হয় নাই। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে বাম পার্শ্বে ৮টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, অতএব দক্ষিণ পার্শ্বে ৪টি জলের অণু লইতে হইবে। সুতরাং

$$2HNO_3 + 3H_2S = 2NO + 3S + 4H_2O$$

Exercises

1. State the oxidation states of the elements underlined :—

$K\underline{Mn}O_4$, $K_2\underline{Cr_2}O_7$, $\underline{Be}Cl_2$, $\underline{B_2}O_3$, $\underline{C}H_4$, $\underline{C_2}H_6$

2. Find out the oxidation states of chlorine in the following Compounds :—

HCl, Cl_2O, $HClO_4$, $KClO_3$, Cl_2O_7

3. Balance the following equations :—

(a) $Cu + HNO_3 \text{ (conc.)} \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O + NO_2$

(b) $Cu + HNO_3 \text{ (dil.)} \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O + NO$

(c) $Zn + HNO_3 \text{ (dil.)} \rightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2O + NH_4NO_3$

(d) $H_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + O_2$

(e) $KMnO_4 + HCl \text{ (conc)} \rightarrow KCl + CrCl_3 + H_2O + Cl_2$

বিংশ অধ্যায়

নাইট্রোজেন যৌগ

অ্যামোনিয়া NH_3

(আণবিক গুরুত্ব = 17·03)

রাসায়নিক শিল্পে অ্যামোনিয়ার স্থান বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সার হিসাবে অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট [$(NH_4)_2SO_4$], রেফ্রিজারেটর প্রস্তুত করিতে তরল অ্যামোনিয়া এবং সোডিয়াম কার্বনেট, নাইট্রিক অ্যাসিড, ইউরিয়া প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে অ্যামোনিয়া গ্যাস বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

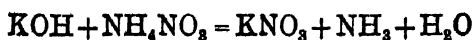
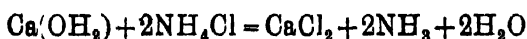
অতি প্রাচীনকাল হইতে অ্যামোনিয়া মানবসমাজে সুপরিচিত। গো-শালা, আস্তাবল প্রভৃতিতে অনেক সময় গরু-ঘোড়ার মলমূত্র পচনের ফলে অ্যামোনিয়ার তীব্র গন্ধ পাওয়া যায়। উদ্ভিদ্ ও মৃত জীবজন্তুর দেহ পচিয়া জমিতে অ্যামোনিয়া বা তদ্‌ঘটিত লবণ উৎপন্ন হয়।

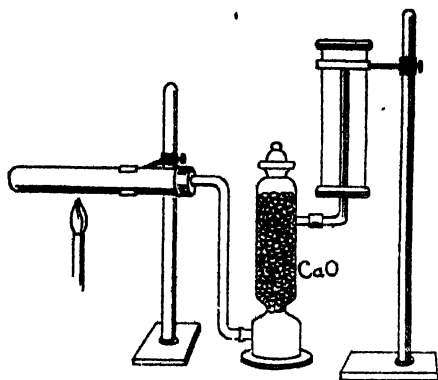
ল্যাবরেটরিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি :

অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণের সহিত কস্টিক সোডা বা কলিচুনের ন্যায় ক্ষার-জাতীয় পদার্থের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা সাধারণত অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।

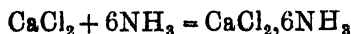
$$Ca(OH_2)+2NH_4Cl=CaCl_2+2NH_3+2H_2O$$

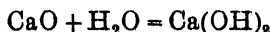
$$NaOH+NH_4Cl=NaCl+NH_3+H_2O$$

$$KOH+NH_4NO_3=KNO_3+NH_3+H_2O$$

একটি শক্ত কাচের পরীক্ষানলে অথবা গোল কূপীতে তিন ভাগ শুষ্ক ক্যাল্‌সিয়াম হাইড্রক্সাইডের [$Ca(OH)_2$] সহিত, এক ভাগ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে, অ্যামেনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। জলীয় বাষ্প মুক্ত করার জন্য গ্যাসটি শুষ্ক কলিচুন (CaO) পূর্ণ

স্তম্ভের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া, বায়ুর নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাস-জারে সঞ্চিত করা হয়। গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডের সহিত অ্যামোনিয়ার রাসায়নিক ক্রিয়া হয় বলিয়া, অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করিবার জন্য ইহাদের ব্যবহার করা হয় না। সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট ও ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডের সহিত $CaCl_2, 6NH_3$ সংকেতবিশিষ্ট জটিল লবণ উৎপন্ন হয়।

৫৩নং চিত্র—অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

$$CaCl_2 + 6NH_3 = CaCl_2, 6NH_3$$

অপরপক্ষে, কলিচুন অ্যামোনিয়া হইতে জল শোষণ করিয়া ক্যাল্‌সিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

অ্যামোনিয়া বায়ুমুক্ত করিতে হইলে পারদের উপর সঞ্চিত করা উচিত।

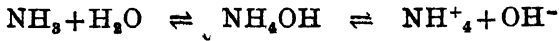
অ্যামোনিয়ার ধর্ম ঃ অ্যামোনিয়া ঝাঁঝালো গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা ইহার ঘনত্ব অনেক কম (8·8) বলিয়া গ্যাসটি বায়ুর নিম্নাপসরণ দ্বারা সঞ্চিত করা সম্ভব। জলে অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা খুব বেশী। অ্যামোনিয়ার সম্পৃক্ত দ্রবণে শতকরা প্রায় 35 ভাগ অ্যামোনিয়া থাকে। এইরূপ গাঢ় দ্রবণকে লাইকার অ্যামোনিয়া (Liquor Ammonia) বলে।

অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া ও জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড নামক ক্ষারীয় পদার্থ উৎপন্ন হয়।

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্যে ক্ষারসুলভ সমস্ত গুণই বর্তমান।

ইহা লাল লিট্‌মাস নীল করে এবং অ্যাসিড দ্রবণ প্রশমিত করিয়া জল ও লবণ উৎপন্ন করে। জলীয় দ্রবণে আংশিক আয়নিত হইয়া ইহা অ্যামোনিয়াম (NH^+_4) ও হাইড্রক্সিল (OH^-) আয়নে বিযোজিত হয়।

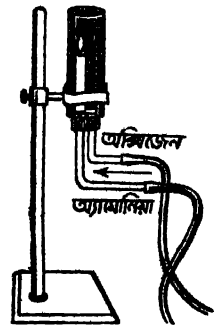
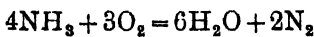
$$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4OH \rightleftharpoons NH^+_4+OH^-$$

উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ভাঙিয়া অ্যামোনিয়া ও জলে পরিণত হয়।

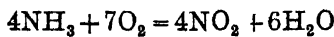
[জলে অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা ও ইহার ক্ষার-প্রকৃতি **ফোয়ারা পরীক্ষার** সাহায্যে পরে বেশ সুন্দররূপে প্রদর্শিত হইয়াছে।]

সাধারণভাবে অ্যামোনিয়া নিজে দাহ্য নয়, এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না, কিন্তু অক্সিজেন গ্যাসে ইহা হরিতাভ-পীত শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে।

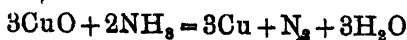
পরীক্ষা : একটি বড কাচনল বা চিমনীর নীচের দিক ছিপিবন্ধ করিয়া সেই ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি বাঁকানো কাচনল চিমনীর মধ্যে প্রবিষ্ট করানো হয়। নল দুইটির মধ্যে যেটি লম্বা সেইটির মধ্যদিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া-গ্যাস ও ছোটটির মধ্যদিয়া অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া অ্যামোনিয়া-নলটির মুখে আগুন ধরাইয়া দিলে, অ্যামোনিয়া ধীরে ধীরে জ্বলিতে থাকে।

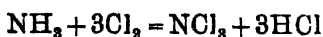
৫৪নং চিত্র— অ্যামোনিয়ার দহন

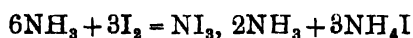
$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2$$

উত্তপ্ত প্লাটিনামের প্রভাবে অ্যামোনিয়া বাতাস বা অক্সিজেন কর্তৃক জারিত হইয়া নাইট্রোজেন অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$4NH_3+7O_2=4NO_2+6H_2O$$

পরীক্ষা : একটি বীকারে অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণে একটি কুণ্ডলীকৃত প্লাটিনাম-তার উত্তপ্ত অবস্থায় ডুবাইয়া দ্রবণের মধ্যদিয়া অক্সিজেন-গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। অনতিবিলম্বেই বীকারটি নাইট্রোজেন অক্সাইডের গাঢ় বাদামী ধোঁয়ায় পূর্ণ হইয়া যাইবে।

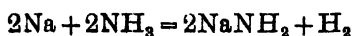
অ্যামোনিয়া মৃদু বিজারণ-গুণসম্পন্ন। উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের (CuO) উপর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিলে কপার-অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়।

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

ক্লোরিন, অথবা ব্লিচিং পাউডারও অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রোজেনে পরিণত করে। অতিরিক্ত ক্লোরিনের সহিত অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড (NCl_3) নামক বিস্ফোরক পদার্থে পরিণত হয়।

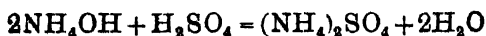
$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl$$

গাঢ় অ্যামোনিয়া-দ্রবণে আয়োডিন দ্রবণ (পটাসিয়াম-আইওডাইডে) দিলে বিস্ফোরণশীল নাইট্রোজেন ট্রাই-আয়োডাইডের (NI_3, $2NH_3$) কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$6NH_3 + 3I_2 = NI_3, 2NH_3 + 3NH_4I$$

শুষ্ক অবস্থায় এই কালো গুঁড়াগুলি একটি পালক দ্বারা স্পর্শ করিলেও প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়।

উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিলে সোডামাইড ($NaNH_2$) ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

ক্ষারকগুণের জন্য অ্যামোনিয়া বা তাহার দ্রবণ অ্যাসিড প্রশমিত করে ও লাল লিটমাস নীল করে।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl, \quad NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) ধাতব লবণের দ্রবণে সাধারণত উক্ত ধাতুর হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

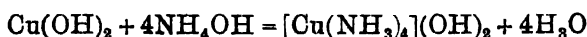
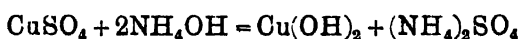
$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

অনেক লবণের ক্ষেত্রে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দিলে হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া যায়। অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া ও ধাতব হাইড্রক্সাইডের

রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে দ্রবণীয় জটিল লবণের উৎপত্তির জন্যই এরূপ হয়।

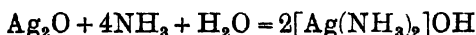
পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষানলে কপার সাল্‌ফেট দ্রবণ লইয়া তাহাতে অল্প অল্প করিয়া অ্যামোনিয়া দিতে থাকিলে প্রথমে কপার হাইড্রক্সাইডের নীলাভ-শ্বেত অধঃক্ষেপ আসিয়া, পরে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ায় তাহা দ্রবীভূত হইয়া ঘোর নীল দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

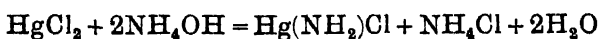
$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

(নীল দ্রবণ)

সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণে অ্যামোনিয়া দিলে সিল্‌ভার হাইড্রক্সাইড অস্থায়ী বলিয়া প্রথমে সিল্‌ভার অক্সাইড (Ag_2O) অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং পরে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ায় সিল্‌ভার অক্সাইড দ্রবীভূত হয়।

$$2AgNO_3 + 2NH_4OH = Ag_2O + 2NH_4NO_3 + H_2O$$

$$Ag_2O + 4NH_3 + H_2O = 2[Ag(NH_3)_2]OH$$

(দ্রবণীয়)

মার্‌কিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যামোনিয়া দিলে একটি সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, তাহাকে মার্‌কিউরামিডো ক্লোরাইড (Mercuramido Chloride) বলে।

$$HgCl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2)Cl + NH_4Cl + 2H_2O$$

(মার্‌কিউরামিডো ক্লোরাইড)

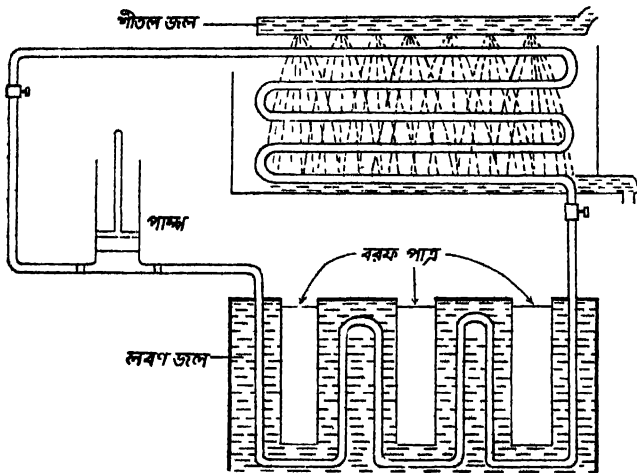
অ্যামোনিয়ার পরীক্ষা ঃ

(১) তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ, লাল লিট্‌মাস কাগজ নীল করা প্রভৃতি দ্বারা অ্যামোনিয়া গ্যাস চেনা যায়।

(২) একটি কাচদণ্ড গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাসের নিকট ধরিলে, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

(৩) নেস্‌লার দ্রবণে (মার্‌কিউরিক ক্লোরাইডে অতিরিক্ত পটাসিয়াম

আয়োডাইড ও অল্প কস্টিক পটাস দিয়া প্রস্তুত করিতে হয়) অতি সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়া দিলেও বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার ঃ অ্যামোনিয়ার কিছু কিছু ব্যবহারের কথা পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে। বরফ তৈয়ারীর কারখানা ও রেফ্রিজারেটর শিল্পে তরল অ্যামোনিয়া বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। তরল অ্যামোনিয়া 33·4° সে. গ্রে. উষ্ণতায় ফুটিতে থাকে এবং 1 গ্রাম্ তরল অ্যামোনিয়া বাষ্পে পরিণত হইবার সময় 322 ক্যালরি তাপ শোষণ করে। সংকোচন পাম্পের (Compression pump) সাহায্যে উপযুক্ত চাপ প্রয়োগ করিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসকে সাধারণ উষ্ণতাতেই তরল করা যায়। চাপ প্রয়োগের ফলে উত্তাপ কিছু বৃদ্ধি পায়, সেইজন্য ঈষদুষ্ণ তরল পদার্থটি কুণ্ডলীকৃত নলের মধ্যদিয়া প্রবাহিত করিয়া শীতল জল-সেক দ্বারা নলটির উষ্ণতা হ্রাস করা হয়। অতঃপর তরল অ্যামোনিয়া লবণ-জল-পূর্ণ একটি

৫৫নং চিত্র—তরল অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বরফ প্রস্তুতের কল

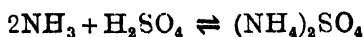
জলাধারে কতকগুলি কুণ্ডলীকৃত নলের মধ্যে উচ্চচাপ হইতে সহসা নিম্নচাপে একটি সংকোচন ভাল্‌বের মধ্য দিয়া বাষ্পীভূত হয়, এবং বাষ্পে পরিণত হওয়ার সময় জলাধার হইতে প্রচুর তাপ শোষণ করার ফলে ইহার

মধ্যস্থিত লবণ-জলের উষ্ণতা শূন্য ডিগ্রির নীচে চলিয়া যায়, এবং জলাধারে রক্ষিত জলপূর্ণ পাত্রগুলিতে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস পাম্পের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া বারংবার একই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করা হয়।

বাড়ীতে তোমরা যে রেফ্রিজারেটর দেখ, তাহার নির্মাণ-কৌশলও প্রায় একই রকম। এ সকল ক্ষেত্রে আজকাল তরল অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে মিথাইল ক্লোরাইড অথবা 'ফ্রিয়ন' ব্যবহার করা হয়।

অ্যামোনিয়ার শিল্প-পদ্ধতি :

(১) প্রথম মহাযুদ্ধের পূর্বে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের প্রধান উপায় ছিল কাঁচা কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন (Destructive distillation of coal)। কাঁচা কয়লার মধ্যে উদ্ভিজ্জ নাইট্রোজেনের কিছুটা অবশিষ্ট থাকিয়া যায়। সেইজন্য কোল্-গ্যাস (Coal gas) প্রস্তুতির সময় কাঁচা কয়লাকে যখন বদ্ধপাত্রে উত্তপ্ত করা হয়, তখন অন্যান্য উদ্বায়ী পদার্থের সহিত কিছু অ্যামোনিয়াও নির্গত হয়। আলকাতরার উপর অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার (Ammoniacal liquor) হিসাবে এই অ্যামোনিয়া সঞ্চিত হয়। আল-কাতরা হইতে পৃথক করিয়া এই অ্যামোনিয়াক্যাল লিকারে চুনজল ও স্টীম প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। লঘু সাল্ফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করিয়া ইহাকে অ্যামোনিয়াম সাল্ফেটে পরিণত করা হয়।

$$2NH_3 + H_2SO_4 \rightleftharpoons (NH_4)_2SO_4$$

(২) **হাবের প্রণালী** (Haber Process) :

জার্মান বৈজ্ঞানিক হাবের আবিষ্কৃত এই পদ্ধতিটি অ্যামোনিয়া উৎপাদনের ক্ষেত্রে এক যুগান্তর আনিয়াছে। ইহাতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ দ্বারা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করা হয়।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 26{,}740 \text{ ক্যালরি}$$

এই রাসায়নিক ক্রিয়ার কতকগুলি বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করিয়া বিশেষ কতকগুলি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়। বৈশিষ্ট্যগুলি হইল :—

(১) বিক্রিয়াটি উভমুখী, এবং প্রভাবক ব্যতিরেকে অত্যন্ত মন্থর।

(২) বিক্রিয়াকালে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের সহিত প্রচুর তাপ নির্গত হয়।

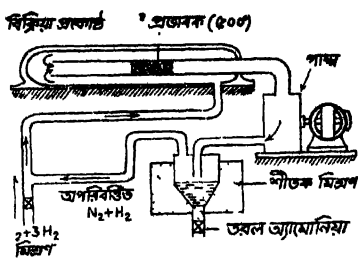
(৩) চাপ বৃদ্ধি করিলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

বিক্রিয়াকালে তাপ উৎপন্ন হয় বলিয়া, তাপ বিদূরণ দ্বারা উৎপন্ন অ্যামোনিয়া শীতল না করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া পুনরায় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হইবে। অর্থাৎ, রাসায়নিক ক্রিয়াটি তাপোৎপাদক বলিয়া **উষ্ণতা হ্রাস করিলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে**। আরও দেখা গিয়াছে যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপ যত বৃদ্ধি করা যায়, অ্যামোনিয়ার পরিমাণও তত বৃদ্ধি পায়।

সুতরাং উপরের আলোচনা হইতে বুঝা যায় যে, উষ্ণতা হ্রাস ও চাপবৃদ্ধিই উক্ত রাসায়নিক ক্রিয়ার সহায়ক। কিন্তু অত্যধিক উষ্ণতা হ্রাসের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়ার গতি অত্যন্ত মন্থর হয়, এবং অ্যামোনিয়া উৎপাদনের ক্ষেত্রে ইহার প্রতিকূল প্রভাব দেখা যায়। সেইজন্য প্রকৃত কার্যক্ষেত্রে উষ্ণতাটি এমন এক পর্যায়ে রাখা হয়, যাহাতে রাসায়নিক ক্রিয়ার গতি খুব মন্থর হয় না, অথচ অ্যামোনিয়ার মোট উৎপাদনও খুব কম হয় না। সঙ্গে সঙ্গে অবশ্য রাসায়নিক ক্রিয়ার গতিবেগ বৃদ্ধির জন্য **প্রভাবক**ও (Catalyst) ব্যবহার করা হয়। হাবের প্রণালীতে সাধারণত লৌহচূর্ণের সহিত শতকরা এক ভাগ পটাসিয়াম অক্সাইড (K_2O) ও তিন ভাগ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের (Al_2O_3) মিশ্রণ প্রভাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

হাবের প্রণালী (Haber Process) :

এই প্রণালী 1 : 3 আয়তনানুপাতে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণকে উচ্চ চাপে (প্রায় 200 অ্যাটমস্ফিয়ার) ক্রোম-স্টীল-নির্মিত প্রভাবক-প্রকোষ্ঠে সঞ্চালিত করা হয়। প্রকোষ্ঠটির নির্মাণ-কৌশল এরূপ যে গ্যাসমিশ্রণটি অন্তঃপ্রকোষ্ঠে রক্ষিত প্রভাবকের সংস্পর্শে আসিবার পূর্বে তাহার চতুষ্পার্শ্বস্থ একটি বহিঃপ্রকোষ্ঠের মধ্যে দিয়া

প্রবাহিত হয়। ফলে অন্তর্প্রকোষ্ঠের সহিত তাপবিনিময় হইয়া বাহিরের গ্যাসমিশ্রণটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় উত্তপ্ত হইয়া 550°তে রক্ষিত প্রভাবক-পূর্ণ অন্তর্প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আংশিক-ভাবে (শতকরা প্রায় ৮ ভাগ) অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়, এবং বিক্রিয়াকালে নির্গত অতিরিক্ত তাপের সাহায্যে বহিঃপ্রকোষ্ঠে নবাগত গ্যাস-মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয় বলিয়া অন্তর্প্রকোষ্ঠের উষ্ণতার বিশেষ পরিবর্তন হয় না। অতঃপর অতিরিক্ত চাপে শীতল করিয়া অ্যামোনিয়া তরল করা হয়, এবং অপরিবর্তিত গ্যাসমিশ্রণটি নূতন মিশ্রণের সহিত পুনরায় বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে প্রেরণ করা হয়।

৫৬নং চিত্র—হাবের প্রণালী

দেশ হিসাবে উপরের পদ্ধতিটির উষ্ণতা, চাপ ইত্যাদির কিছু কিছু তারতম্য দেখা যায়। ফরাসী দেশে ক্লদ্ (Claude) প্রণালীতে 500°-600° সে. গ্রে. উষ্ণতা ও প্রায় 900 অ্যাটম্‌স্ফিয়ার চাপ প্রয়োগ করা হয়, আবার আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে অনেক ক্ষেত্রে 300° সে. গ্রে উষ্ণতা ও 475 অ্যাটম্‌স্ফিয়ার চাপ প্রযুক্ত হয়।

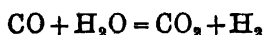
নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণের জন্য সাধারণত তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে নাইট্রোজেন এবং কস্টিক সোডা দ্রবণের তড়িদ্-বিশ্লেষণ দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

ওয়াটার গ্যাস $(CO+H_2)$ এবং প্রোডিউসার গ্যাসের $(CO+N_2)$ মিশ্রণ হইতেও সুলভে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ পাওয়া সম্ভব। লোহিত-তপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের যে মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে 'ওয়াটার গ্যাস' বলে।

$$C+H_2O=CO+H_2$$

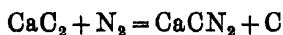
লোহিত-তপ্ত অঙ্গারের উপর বায়ু প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড

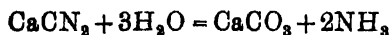
এবং নাইট্রোজেনের যে মিশ্রণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে 'প্রোডিউসার গ্যাস' বলে। ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিউসার গ্যাস ঠিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া (যাহাতে শেষ পর্যন্ত N_2 এবং H_2-এর অনুপাত 1 : 3 হয়), তাহার সহিত অতিরিক্ত স্টীম মিশাইয়া মিশ্রণটি উত্তপ্ত Cr_2O_3 ও Fe_2O_3 প্রভাবকের উপর দিয়া পরিচালিত করা হয়। ফলে CO জারিত হইয়া CO_2-এ পরিণত হয়।

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

অতঃপর গ্যাসটি অতিরিক্ত চাপে জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে CO_2 শোষিত হইয়া যায়। সামান্য যে CO অবশিষ্ট থাকে তাহা উচ্চচাপে অ্যামোনিয়ার কিউপ্রাস্ ফর্মেটের দ্রবণে শোষিত করা হয়।

আমাদের দেশে বিহারে সিন্ধ্রির কারখানায় হাবের প্রণালীতে অ্যামো-নিয়াম সাল্‌ফেট প্রস্তুত করা হয়। পাঞ্জাবের নাঙ্গালে অনুরূপ একটি কারখানা প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে, আগামী ১৯৬০ সাল হইতে উক্ত কারখানায় অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট উৎপন্ন হইবে।

সায়ানামাইড প্রণালী: প্রায় 1000° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় ক্যাল্‌সিয়াম কারবাইড চূর্ণের উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিলে কারবাইড ও নাইট্রোজেন সংযুক্ত হইয়া ক্যাল্‌সিয়াম সায়ানামাইডে পরিণত হয়।

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

ক্যাল্‌সিয়াম সায়ানামাইড ও কার্বনের এই মিশ্রণ **নাইট্রোলিম** (Nitrolim) নামে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আবার, উচ্চচাপে স্টীমের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা ইহা হইতে অ্যামোনিয়াও প্রস্তুত করা হয়।

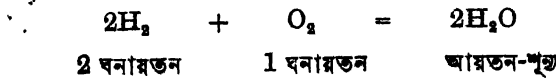
$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংযুতি (Volumetric composition of ammonia): অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংযুতি নির্ণয়ের জন্য দুইটি উপায় প্রচলিত আছে।

(১) একটি গ্যাসমান যন্ত্রে (Eudiometer tube) পারদের উপর শুষ্ক অ্যামোনিয়া লইয়া তাহার আয়তন (সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায়) জানিয়া

লওয়া হয়। তৎপর গ্যাসটির মধ্যে ক্রমাগত বিদ্যুৎস্ফুরণ দ্বারা অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে বিযোজিত করা হয়। যতক্ষণ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইতে থাকে ততক্ষণ বিদ্যুৎস্ফুরণ করা হয়। শেষে যন্ত্রটি শীতল করিয়া গ্যাসের আয়তন মাপিলে (সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায়) দেখা যায় যে, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণের আয়তন অ্যামোনিয়ার আয়তনের দ্বিগুণ হইয়াছে।

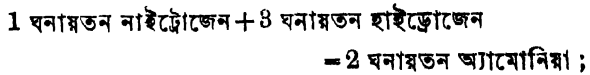
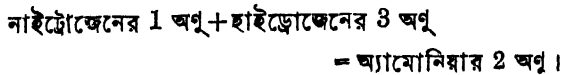
এখন, যন্ত্রের মধ্যে অতিরিক্ত অক্সিজেন ঢুকাইয়া বিদ্যুৎস্ফুরণ দ্বারা সমস্ত হাইড্রোজেন জল হিসাবে অপসারণ করা হয়। ইহার ফলে গ্যাস-আয়তনের যে সংকোচন হয় তাহা লক্ষ্য করা হয়।

$$\therefore \quad 2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$$

2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন আয়তন-শূন্য

হাইড্রোজেনের আয়তন এই সংকোচনের $\frac{2}{3}$ ভাগ। সুতরাং ইহা হইতে হাইড্রোজেনের আয়তন জানা গেল। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মোট আয়তন হইতে হাইড্রোজেনের আয়তন বিয়োগ করিলে নাইট্রোজেনের আয়তন পাওয়া যাইবে। পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে,

1 ঘনায়তন নাইট্রোজেন + 3 ঘনায়তন হাইড্রোজেন
= 2 ঘনায়তন অ্যামোনিয়া ;

সুতরাং, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে,—

নাইট্রোজেনের 1 অণু + হাইড্রোজেনের 3 অণু
= অ্যামোনিয়ার 2 অণু।

অতএব, অ্যামোনিয়ার 1 অণুতে আছে নাইট্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু, ও হাইড্রোজেন $\frac{3}{2}$ অণু।

অর্থাৎ, অ্যামোনিয়ার ১টি অণুতে নাইট্রোজেনের ১টি পরমাণু ও হাইড্রোজেনের ৩টি পরমাণু আছে।

সুতরাং, অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত NH_3।

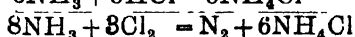
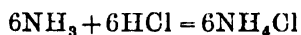
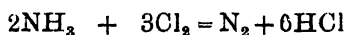
(২ **হফ্‌ম্যান প্রণালী :** অ্যামোনিয়ার সহিত ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়ার ফলে যে নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়, তাহার উপর ভিত্তি করিয়া হফ্‌ম্যান অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংযুতি নির্ণয়ের জন্য নিম্নবর্ণিত পদ্ধতিটি আবিষ্কার করেন।

৫৭নং চিত্র—হফ্‌ম্যান প্রণালী

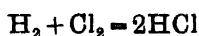
এক প্রান্তে স্টপ্‌কক্‌ ও অন্য প্রান্তে বিন্দু-ফানেল সংযুক্ত একটি দীর্ঘ অংশাঙ্কিত নলকে রবার বলয়ের (rubber rings) সাহায্যে তিন সমান অংশে চিহ্নিত করিয়া নলটি শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হয়। অতঃপর বিন্দু-ফানেল হইতে অল্প অল্প করিয়া অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণ সাবধানে নলের মধ্যে দেওয়া হয়। অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিনের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$

$$8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$$

লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া প্রশমিত করা হয়। তৎপর ফানেলের নীচের স্টপ্‌কক্‌ বন্ধ রাখিয়া নীচের মুখটি জলে ডুবাইয়া স্টপ্‌কক্‌ খুলিয়া দিলে জল নলের মধ্যে উঠিয়া যাইবে। আয়তন পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে নলের $\frac{2}{3}$ অংশ জলে ভর্তি হইয়া গিয়াছে এবং কেবলমাত্র $\frac{1}{3}$ অংশ নাইট্রোজেনে পূর্ণ আছে।

আমরা জানি যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সমায়তনে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

সুতরাং 3 ঘনায়তন ক্লোরিন নিশ্চয়ই 3 ঘনায়তন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে। এই হাইড্রোজেন আসিয়াছে অ্যামোনিয়া হইতে এবং সঙ্গে সঙ্গে 1 ঘনায়তন নাইট্রোজেনও উৎপন্ন হইয়াছে।

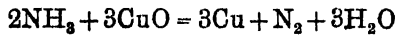
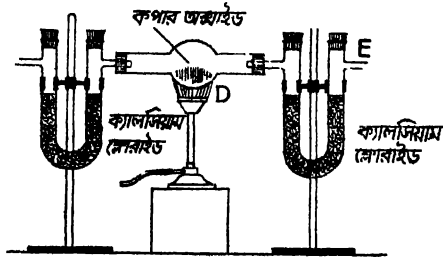
অতএব 3 ঘনায়তন হাইড্রোজেন, 1 ঘনায়তন নাইট্রোজেনের সহিত

সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে। অর্থাৎ অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত 1 : 3।

সুতরাং, অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত $(NH_3)x$।

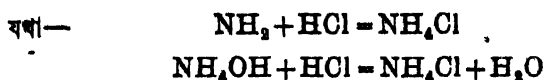
বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে অ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিলে তবে x-এর পরিমাণ জানা যাইবে।

অ্যামোনিয়ার ওজন-সংযুতি : একটি দাহনলে ওজন করা উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের (CuO) উপর শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে এবং অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

নাইট্রোজেন গ্যাস জলের উপর অংশাঙ্কিত নলে সঞ্চিত করিয়া ইহার আয়তন প্রমাণ-চাপ ও উষ্ণতায় কত হইবে স্থির করা হয়। এই আয়তনকে

৫৮নং চিত্র—অ্যামোনিয়ার ওজন-সংযুতি

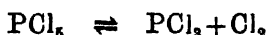
নাইট্রোজেনের ঘনত্ব দ্বারা গুণ করিলে (ঘনত্ব 0·00126) অ্যামোনিয়া হইতে উদ্ভূত নাইট্রোজেনের ওজন জানা যাইবে। কপার অক্সাইডের ওজন হ্রাস হইতে হাইড্রোজেনের সহিত কতটা অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়াছে তাহা জানা যায়। আমরা জানি যে 8 গ্রাম্ অক্সিজেন 1 গ্রাম্ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়। সুতরাং অক্সিজেনের ওজন হইতে হাইড্রোজেনের ওজন সহজেই পাওয়া যাইবে। এই পরীক্ষা হইতে দেখা যায় যে, অ্যামোনিয়াতে শতকরা প্রায় 82·35 ভাগ নাইট্রোজেন ও 17·65 ভাগ হাইড্রোজেন আছে।

অ্যামোনিয়াম লবণ: অ্যামোনিয়ার ক্ষারকত্ব ও অ্যাসিড-প্রশমন ক্ষমতার কথা পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে। অ্যামোনিয়া কর্তৃক অ্যাসিড প্রশমনের ফলে অ্যামোনিয়াম লবণের উৎপত্তি হয়।

যথা—
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$
$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম লবণগুলির মধ্যে কতকগুলি বিশেষ উদ্বায়ী, এবং উহারা সহজেই ঊর্ধ্বপাতিত হয়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে ইহা অংশত অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে বিযোজিত হয় এবং ঠাণ্ডা করিলে পুনর্যোজিত হয়।

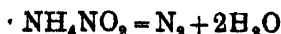
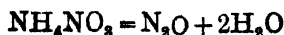
$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

ইহাকে **তাপ-বিযোজন** বলে। ফস্‌ফরাস পেণ্টাক্লোরাইড (PCl_5) প্রভৃতিও তাপ প্রয়োগে এইভাবে বিযোজিত হয়।

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$$

আবার, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি জলে দিলে ইহা বিযোজিত হইয়া অ্যামোনিয়াম (NH_4^+) ও ক্লোরাইড (Cl^-) আয়নে পরিণত হয়।

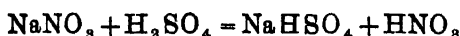
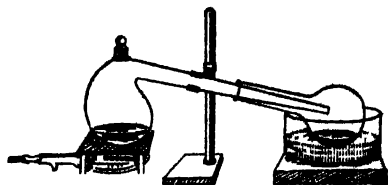
$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

এইরূপ বিযোজনকে আয়নীয় বিযোজন বলে। ইহা উভমুখী, কিন্তু এ ক্ষেত্রে আয়নগুলিকে পরস্পর হইতে সহজে পৃথক করা যায় না। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (NH_4NO_2) উত্তপ্ত করিলে তাহারা ভাঙিয়া যথাক্রমে নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) ও নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$
$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

কিন্তু, ঠাণ্ডা করিলে আর অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বা নাইট্রাইট উৎপন্ন হয় না।

নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি : গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

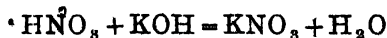
$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

একটি কাচের বকযন্ত্রে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রেট সমপরিমাণে মিশ্রিত করিয়া বকযন্ত্রটি তারজালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। উদ্বায়ী নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পের আকারে গিয়া যন্ত্রের অপর প্রান্তে রক্ষিত শীতল গোলকূপীতে ঘনীভূত হইয়া ঈষৎ পীত তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। সামান্য নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) মিশ্রিত থাকার জন্য এই নাইট্রিক অ্যাসিডের রং ঈষৎ পীত হইয়া থাকে। ইহার মধ্য দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে বাতাস প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেন অক্সাইড বিদূরিত হইয়া অ্যাসিড বর্ণহীন হইবে।

৫৯নং চিত্র—নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

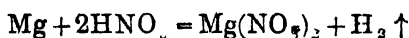
নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম : বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড তরল বর্ণহীন পদার্থ। ইহার ঘনত্ব 1·54। -42° সেঃ গ্রেডে ইহা জমিয়া কঠিন হয়। পাতনকালে নাইট্রিক অ্যাসিডের কিয়দংশ বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

(১) **অ্যাসিড-ধর্ম :** নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড এবং অ্যাসিড-সুলভ সমস্ত গুণই ইহাতে বর্তমান। জলীয় দ্রবণে ইহা হাইড্রোজেন (H^+) ও নাইট্রেট আয়নে (NO_3^-) বিযোজিত হয়।

অন্যান্য অ্যাসিডের ন্যায় ইহা নীল লিট্‌মাসকে লাল করে এবং ক্ষার প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে। নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণকে নাইট্রেট বলে।

$$HNO_3 + KOH = KNO_3 + H_2O$$

ম্যাগ্‌নেসিয়াম লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2 \uparrow$$

কিন্তু ম্যাগ্‌নেসিয়াম প্রমুখ কয়েকটি ধাতু ব্যতীত অন্যান্য ধাতুর সহিত ক্রিয়াকালে নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ-গুণের প্রাধান্যহেতু হাইড্রোজেনের পরিবর্তে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ-জাত অন্যান্য পদার্থ পাওয়া যায়।

(২) **নাইট্রো মূলক ($-NO_2$) সংযোজনা ঃ** নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে অনেক জৈব যৌগে নাইট্রো-মূলক সংযুক্ত করা হয়। এইসব নাইট্রো-যুক্ত পদার্থের মধ্যে টি. এন. টি. (T. N. T.), নাইট্রো-গ্লিসারিন প্রভৃতি সুপরিচিত বিস্ফোরক পদার্থ আছে। গাঢ় সাল্‌ফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড মিশ্রণের দ্বারা এই সমস্ত নাইট্রো-যৌগ প্রস্তুত করা হয়। নিম্নে কতকগুলি নাইট্রো-বিস্ফোরকের নাম ও ব্যবহার দেওয়া হইল।

নাইট্রো-গ্লিসারিন (Nitro glycerine) ঃ গাঢ় নাইট্রিক ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের শীতল মিশ্রণে অল্প অল্প করিয়া গ্লিসারিন দিলে অ্যাসিড মিশ্রণের উপর যে তৈলাক্ত পদার্থ ভাসিয়া উঠে তাহাই নাইট্রো-গ্লিসারিন বা 'নোবেল তৈল' (Nobel's oil)। নাইট্রো-গ্লিসারিনের বিস্ফোরক প্রকৃতির কথা বহুদিন হইতেই সুবিদিত ছিল, কিন্তু তরল প্রকৃতি ও সামান্য নড়াচড়ায় বিস্ফোরণের জন্য বিস্ফোরক হিসাবে ইহা বিশেষ ব্যবহৃত হইত না। সুইডেনবাসী বৈজ্ঞানিক আল্‌ফ্রেড নোবেল (Alfred Nobel), কিসেলগার (Kieselguhr) নামক বালুময় পদার্থের সহিত নাইট্রো-গ্লিসারিন মিশাইয়া কাদার মত করিয়া তাহা হইতে ছোট ছোট টুকরা কাটিয়া **ডিনামাইট** (Dynamite) নামক

বিস্ফোরক প্রস্তুত করেন। খনি ইত্যাদিতে পাথরখসানোর কাজে ডিনামাইট ব্যবহৃত হয়। এই নোবেলই পরে বিশ্ববিখ্যাত নোবেল পুরস্কারের প্রবর্তন করেন।

গান-কটন (Gun-Cotton): গাঢ় নাইট্রিক* ও সালফিউরিক অ্যাসিডের শীতল মিশ্রণের সহিত তুলার রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে গান্-কটন (Gun-cotton) নামক বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন হয়। তুলার প্রধান উপাদান সেলুলোজ (cellulose) নাইট্রো-সেলুলোজে পরিণত হয়। গান-কটনের অ্যাসিটোন (acetone) দ্রবণের সহিত নাইট্রো-গ্লিসারিন ও ভেসেলীন মিশাইয়া শুকাইয়া লইলে **কর্ডাইট** (cordite) নামক বিস্ফোরক প্রস্তুত হয়। কর্ডাইট কামান-বন্দুকের গোলাগুলীর প্রচালক (Propellant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

টি. এন্. টি. (ট্রাই-নাইট্রো-টলুয়িন): আলকাতরা হইতে টলুয়িন (Toluene) নামক একটি পদার্থ পাওয়া যায়। এই টলুয়িনের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিড যুক্ত হইয়া টি. এন্. টি. হয়। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের সহিত মিশাইয়া ইহা হইতে 'আমাটল' (Amatol) নামক এক শক্তিশালী বিস্ফোরক প্রস্তুত হয়। টি. এন্. টি., আমাটল প্রভৃতি কামানের গোলা বোমা প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হয়। হাতেব চামডা নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে হলুদবর্ণ হইয়া যায। চামড়ার প্রোটিনেব সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে জানথোপ্রোটেইক্ অ্যাসিডের উৎপত্তিই ইহার কারণ। সিল্ক্-পালক প্রভৃতিও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে পীতবর্ণ হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের জারকগুণ: নাইট্রিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জাবক। বহু ধাতু ও অধাতুকে জারিত করিয়া ইহা নিজে বিজারিত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণের ফলে অবস্থাবিশেষে বিভিন্ন প্রকার পদার্থ উৎপন্ন হয। ইহাদের মধ্যে NO, NH_4NO_3, N_2, N_2O এবং NO_2 বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া: গোল্ড, প্লাটিনাম, ইরিডিয়াম প্রভৃতি বর-ধাতু ব্যতীত প্রায় সমস্ত ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের

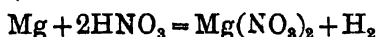
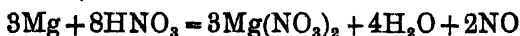
সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ধাতব নাইট্রেটে পরিণত হয়। অ্যালুমিনিয়াম, কোবাল্ট্, নিকেল, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি ধাতুর উপর অদ্রাব্য অক্সাইডের আস্তরণ পড়িয়া যাওয়ায় তাহারা নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া প্রতিরোধ করে। আয়রন্ লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রাব্য, কিন্তু ইহাকে একবার গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া লইলে, সকলপ্রকার নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয় হইয়া এক **নিষ্ক্রিয় অবস্থা** প্রাপ্ত হয়।

তীব্র জারকগুণের জন্য নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে ম্যাগ্নেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজ ছাড়া অন্য কোনো ধাতুর ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না। নাইট্রিক অ্যাসিড নিজেই বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের কোনো অক্সাইড, অ্যামোনিয়া ইত্যাদিতে পরিণত হয়। একই ধাতুর সহিত উষ্ণতা, গাঢ়ত্ব প্রভৃতির তারতম্যের জন্য অনেক সময় বিভিন্ন প্রকার পদার্থ উৎপন্ন হয়। নিম্নে নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত কয়েকটি ধাতুর রাসায়নিক ক্রিয়ার বর্ণনা দেওয়া হইল।

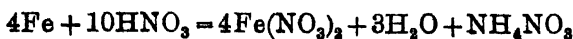
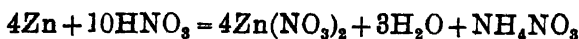
লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত : (১) ম্যাগ্নেসিয়াম প্রমুখ সক্রিয় ধাতু হাইড্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইড (NO) উৎপন্ন করে।

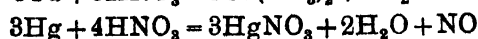
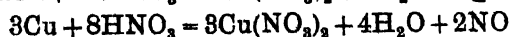
$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

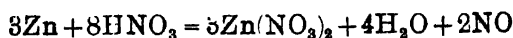
(লঘু ও শীতল)

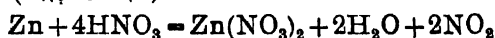
$$3Mg + 8HNO_3 = 3Mg(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

(২) জিঙ্ক, আয়রন্, টিন প্রভৃতি অপেক্ষাকৃত কম ক্রিয়াশীল ধাতু একই অবস্থায় **অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট** ও সামান্য N_2O উৎপন্ন করে।

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$$

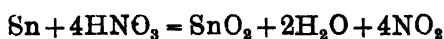
$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$$

(৩) কপার, সিল্ভার, মার্কারি প্রভৃতি ধাতু তড়িদ্-রাসায়নিক পর্যায়ে হাইড্রোজেনের নীচে, এবং ইহাদের বিজারণক্ষমতাও অপেক্ষাকৃত কম। লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহারা **নাইট্রিক অক্সাইড** (NO) ও **নাইট্রাস অক্সাইড** (N_2O) উৎপন্ন করে।

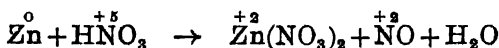
$$4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$$
$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$
$$3Hg + 4HNO_3 = 3HgNO_3 + 2H_2O + NO$$

নাতিগাঢ় অ্যাসিডের সহিত ঃ অধিকাংশ ধাতুই নাতিগাঢ় অ্যাসিডের সহিত **নাইট্রিক অক্সাইড** (NO) উৎপন্ন করে।

$$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ঃ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে **নাইট্রোজেন পারক্সাইড** (NO_2) উৎপন্ন হয়। আয়রন্ অবশ্য এরূপ ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় অবস্থা (Passive state) প্রাপ্ত হয়।

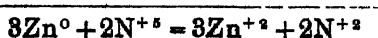
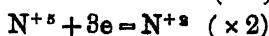
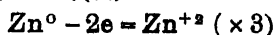
$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$
(গাঢ় ও উষ্ণ)

$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$
(গাঢ় ও উষ্ণ)

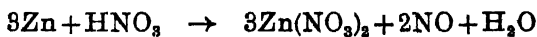
টিন (Sn), অ্যান্টিমনি (Sb) প্রভৃতি যে সমস্ত ধাতুর অক্সাইড অদ্রবণীয়, তাহাদের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রেটের পরিবর্তে অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

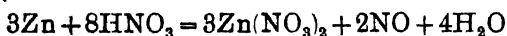
$$Sn + 4HNO_3 = SnO_2 + 2H_2O + 4NO_2$$

উপরে যে সমস্ত রাসায়নিক সমীকরণ দেওয়া হইয়াছে, জারণাবস্থা প্রণালীর সাহায্যে সহজেই তাহাদের সামঞ্জস্য বিধান করা যায়। উদাহরণ-স্বরূপ, জিঙ্ক ও নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের রাসায়নিক ক্রিয়ার কথা ধরা যাইতে পারে। এই রাসায়নিক ক্রিয়ায় $Zn(NO_3)_2$, NO, এবং H_2O উৎপন্ন হয়, সুতরাং

$$\overset{0}{Zn} + H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+2}{Zn}(NO_3)_2 + \overset{+2}{N}O + H_2O$$

বিভিন্ন মৌল-সংকেতের উপরের সংখ্যাগুলি তাহাদের জারণাবস্থার নির্দেশক। সুতরাং আংশিক সমীকরণ হইবে,

$$Zn^0 - 2e = Zn^{+2} \ (\times 3)$$
$$N^{+5} + 3e = N^{+2} \ (\times 2)$$

$$3Zn^0 + 2N^{+5} = 3Zn^{+2} + 2N^{+2}$$

অতএব উপরের সমীকরণে Zn-এর সংখ্যা 3 এবং দক্ষিণ পার্শ্বে NO-র সংখ্যা 2 লেখা যায়।

$$3Zn + HNO_3 \rightarrow 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + H_2O$$

বামপার্শ্বে Zn-এর সংখ্যা 3 হইলে দক্ষিণ পার্শ্বে $Zn(NO_3)_2$-এর সংখ্যাও 3 হইবে। দক্ষিণপার্শ্বে মোট নাইট্রোজেন পরমাণু গণনা করিলে 8 হয়, সুতরাং বামপার্শ্বে নাইট্রিক অ্যাসিডের সংখ্যাও 8, এবং তাহার ফলে ৮টি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে ৪টি H_2O অণুর উদ্ভব হইবে। অতএব পূর্ণ সমীকরণটি হইবে,

$$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

এইরূপে সমস্ত সমীকরণগুলির সামঞ্জস্য বিধান করা যায়।

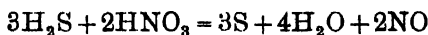
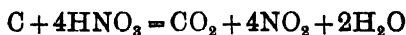
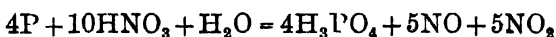
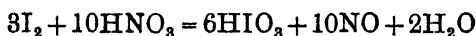
অধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া: সাল্‌ফার, কার্বন, ফস্‌ফরাস, আয়োডিন, হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড প্রভৃতি পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে সহজেই জারিত হয়।

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

$$3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$$

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

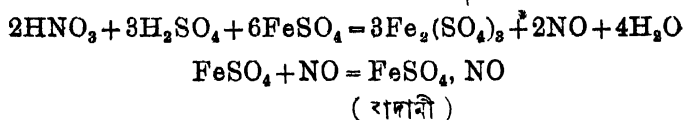
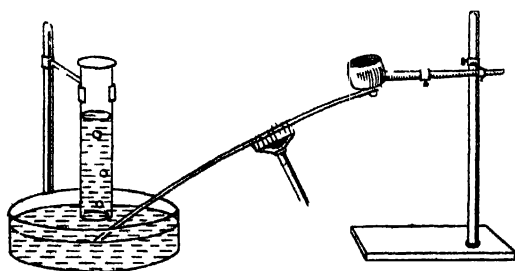
$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 4H_2O + 2NO$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষা: নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট্‌কে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ও কপারছিলার সহিত উত্তপ্ত করিলে, নাইট্রোজেন পারক্সাইডের **গাঢ় বাদামী** ধোঁয়া নির্গত হয়।

বলয় পরীক্ষা (Ring test): এই পরীক্ষার সাহায্যেও নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়। একটি পরীক্ষানলে ৩/৪ ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট্ দ্রবণের সহিত ফেরাস্ সাল্‌ফেট দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া উপর হইতে পরীক্ষানলের গা বাহিয়া সাবধানে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। অ্যাসিড ও দ্রবণের সংযোগস্থলে একটি গাঢ় বাদামী স্তর দেখা যায়। ইহাই নাইট্রেট্ বা নাইট্রিক অ্যাসিডের

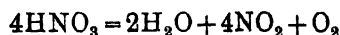
অস্তিত্বসূচক। নাইট্রিক অ্যাসিড ফেরাস্ সাল্‌ফেট কর্তৃক বিজারিত হইয়া NO উৎপন্ন করে এবং এই NO অতিরিক্ত ফেরাস্ সাল্‌ফেটে দ্রবীভূত হইয়া উক্ত বাদামী দ্রবণের সৃষ্টি করে।

$$2HNO_3 + 3H_2SO_4 + 6FeSO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

$$FeSO_4 + NO = FeSO_4, NO$$

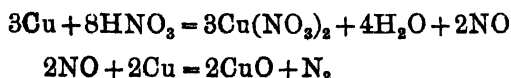
(বাদামী)

নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অস্তিত্বের প্রমাণঃ—

৬০নং চিত্র—নাইট্রিক অ্যাসিডের বিযোজন

উত্তপ্ত ঝামাপাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিলে উহা বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন, নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) ও জলে পরিণত হয়।

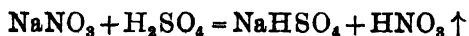
$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$$

গ্যাসমিশ্রণটি শীতলজলে নিমজ্জিত U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে U-নলে যে ফোঁটা ফোঁটা তরল পদার্থ সঞ্চিত হয় তাহা নিরুদক শ্বেতবর্ণ তুঁতে কপার সাল্‌ফেটকে নীল করে। সুতরাং ইহা জল ব্যতীত কিছু নহে। জলে হাইড্রোজেন আছে, অতএব নাইট্রিক অ্যাসিডেও **হাইড্রোজেন** আছে বলা যাইতে পারে। অবশিষ্ট গ্যাস লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের উপর গ্যাসজারে সঞ্চিত করা হয়। নিবন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত করা প্রভৃতি গুণ হইতে গ্যাসটিকে সহজেই **অক্সিজেন** বলিয়া চেনা যায়।

কপারের উপর নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড (NO) উৎপন্ন হয়। লোহিত-তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। নিষ্ক্রিয়তা ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম কর্তৃক শোষণ প্রভৃতি গুণ দ্বারা গ্যাসটিকে **নাইট্রোজেন** বলিয়া চেনা যায়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

$$2NO + 2Cu = 2CuO + N_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার : টি. এন. টি. (T. N. T.), ডিনামাইট, কর্ডাইট প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতির জন্য প্রচুর নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। তদ্ব্যতীত নানা কৃত্রিম রং, সেলুলয়েড, সেলোফেন প্রভৃতি প্রস্তুতি ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড শিল্পেও ইহার চাহিদা আছে।

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি (শিল্প-পদ্ধতি) : পূর্বে চিলির (Chile, S. America) সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক ক্রিয়ার দ্বারাই অধিকাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত। ইহা রসায়নাগার পদ্ধতিরই অনুরূপ ছিল। ঢালাইলৌহ-নির্মিত বৃহৎ বকযন্ত্রে সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে কয়লাচুল্লীর উপর রাখিয়া 200°-250° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইত।

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3 \uparrow$$

নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প, পোড়ামাটি বা পাথরের তৈরী শীতক-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করার ফলে ঘনীভূত হইয়া একটি পাথরের গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হইত।

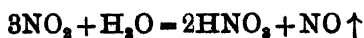
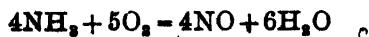
আজকাল পৃথিবীর অধিকাংশ দেশেই অস্‌ওয়াল্ড্‌ প্রণালীতে অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

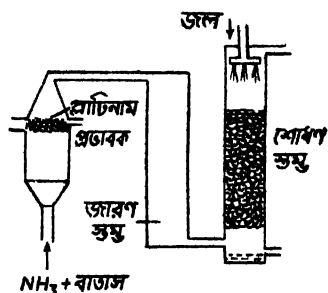
হাবের (Haber) কর্তৃক বাতাসের নাইট্রোজেন হইতে সুলভে অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতপদ্ধতি আবিষ্কারের পর দেখা গেল যে, বাতাস ও অ্যামোনিয়ার মিশ্রণ উত্তপ্ত প্লাটিনাম-জালির সংস্পর্শে আসিলে অ্যামোনিয়া

জারিত হইয়া প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ও পরে নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত হয়।

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

$$2NO+O_2=2NO_2$$

$$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO\uparrow$$

জলে দ্রবীভূত নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

অস্‌ওয়াল্ড্ প্রণালী (Ostwald Process): হাবের-প্রণালী-লব্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাসের এক ভাগের সহিত দশ ভাগ বাতাসের একটি মিশ্রণকে প্রভাবক-কক্ষে প্রায় 900° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় রক্ষিত একটি প্লাটিনাম-জালির মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। অ্যামোনিয়া জারণের ফলে উৎপন্ন NO, স্টীম ও বাতাসের মিশ্রণটি অতঃপর একটি শীতকনলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা কমাইয়া 50 হইতে 100° ডিগ্রির মধ্যে আনা হয় এবং অতিরিক্ত বাতাস মিশ্রিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডকে (NO), নাইট্রোজেন পারক্সাইডে (NO_2) পরিণত করা হয়। শেষে শোষণ-স্তম্ভে নিম্নগামী জলধারায় দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

৬-নং চিত্র—অ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

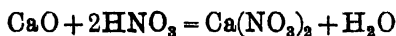
বার্কল্যাণ্ড ও আইড্ পদ্ধতি (Birkeland and Eyde Process)

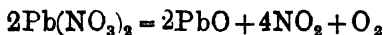
এই পদ্ধতিতে বাতাসের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণকে প্রায় 3000° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইডে (NO) পরিণত করা হয়। বৈদ্যুতিক চুল্লীতে দুইটি কপারনলের মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্কের (Electric Arc) সাহায্যেই এই উষ্ণতার সৃষ্টি করা হয়।

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43{,}200 \text{ ক্যালরি}$$

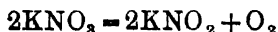
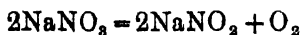
তৎপর গ্যাস-মিশ্রণ শীতল করিয়া বাতাসের অতিরিক্ত অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডকে (NO) নাইট্রোজেন পারক্সাইডে (NO_2) পরিণত করা হয়। শেষে শোষণ-স্তম্ভের জলধারায় দ্রবীভূত করিয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইডকে (NO_2) নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়। এই পদ্ধতিতে প্রচুর বিদ্যুৎশক্তির প্রয়োজন হয় বলিয়া নরওয়ে প্রভৃতি যে সমস্ত দেশে বিদ্যুৎশক্তি সুলভ, কেবলমাত্র সেই সমস্ত দেশেই এই পদ্ধতির কিছুটা প্রচলন ছিল। বর্তমানে অস্‌ওয়াল্ড্ প্রণালীতে আরও সুলভে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভবপর হওয়ায়, বার্ক্‌ল্যাণ্ড ও আইড্ পদ্ধতির আর বিশেষ প্রচলন নাই।

নাইট্রেট ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণকে নাইট্রেট বলে। ধাতু, ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রেট প্রস্তুত হয়।

$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

সমস্ত নাইট্রেটই জলে দ্রবণীয়। লেড্, কপার, মার্‌কারি, জিঙ্ক প্রভৃতি ভারী ধাতুর নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে তাহারা বিযোজিত হইয়া ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

কিন্তু সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেট, নাইট্রাইট ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$$

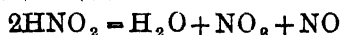
$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে ইহা হইতে জল ও নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) উৎপন্ন হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় একই প্রকার পরীক্ষার সাহায্যে নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

*নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2) ও নাইট্রাইট

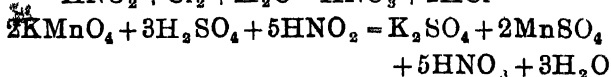
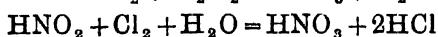
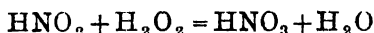
নাইট্রাস অ্যাসিড অত্যন্ত মৃদু অ্যাসিড এবং ইহার স্থায়ীত্বও খুব কম। সাধারণ উষ্ণতাতেই ইহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2HNO_2 = H_2O + NO_2 + NO$$

সেইজন্য লঘু অ্যাসিডের সংস্পর্শেও নাইট্রাইট-দ্রবণ বাদামী ধূম উৎপাদন করে। নাইট্রাস অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। হিম-শীতল বেরিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণে শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়

নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম: নাইট্রাস অ্যাসিডের মধ্যে জারণ ও বিজারণ উভয় গুণেরই সমাবেশ লক্ষ্য করা যায়। ইহা অপেক্ষা শক্তিশালী কোনো জারকের সংস্পর্শে আসিলে নাইট্রাস অ্যাসিড জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং ফলে উক্ত জারকটি বিজারিত হয়। যেমন, ক্লোরিনজল, হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) বা পটাসিয়াম পার্মাঙ্গানেট ($KMnO_4$) প্রভৃতি দ্বারা নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

$$HNO_2 + H_2O_2 = HNO_3 + H_2O$$

$$HNO_2 + Cl_2 + H_2O = HNO_3 + 2HCl$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5HNO_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5HNO_3 + 3H_2O$$

সুতরাং এই সমস্ত ক্ষেত্রে নাইট্রাস অ্যাসিড বিজারকের কাজ করে।

আবার, অনেক ক্ষেত্রে নাইট্রাস অ্যাসিড জারকের কাজও করিয়া থাকে। নাইট্রাস অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডিনে, হাইড্রোজেন সালফাইড সালফারে এবং সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

$$2KI + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + \underline{2HI}$$

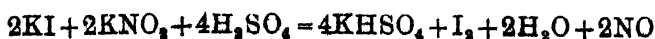
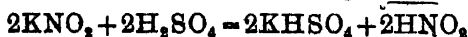
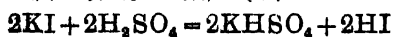
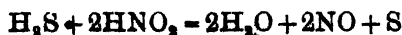
$$2KNO_2 + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + \underline{2HNO_2}$$

$$\underline{2HI} + \underline{2HNO_2} = I_2 + 2H_2O + 2NO$$

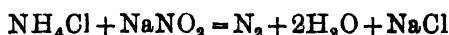
$$2KI + 2KNO_2 + 4H_2SO_4 = 4KHSO_4 + I_2 + 2H_2O + 2NO$$

অনুরূপভাবে,

$$H_2SO_3 + 2HNO_2 = H_2SO_4 + H_2O + 2NO$$

$$H_2S + 2HNO_2 = 2H_2O + 2NO + S$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের লবণকে নাইট্রাইট বলে। নাইট্রাইটগুলি মোটামুটি সবই জলে দ্রাব্য, এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে নাইট্রাইট হইতে বাদামী ধোঁয়া নির্গত হয়। পটাসিয়াম এবং সোডিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে তাহারা নাইট্রাইটে পরিণত হয়।

নাইট্রাইটের পরীক্ষা: নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের মত কপার-ছিলা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাইট হইতেও বাদামী ধূম নির্গত হয়। পূর্ববর্ণিত **বলয়-পরীক্ষা** নাইট্রেট ও নাইট্রাইট উভয় ক্ষেত্রেই সমান প্রযোজ্য। নাইট্রেটের অ্যাসিড দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4) দিয়া উত্তমরূপে ঝাঁকাইলে আয়োডিন দ্রবীভূত হইয়া টেট্রাক্লোরাইড স্তরটি বেগুনী হইয়া যাইবে। কোনো দ্রবণ হইতে নাইট্রাইট দূর করিতে হইলে তাহাকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত ফুটাইতে হয়।

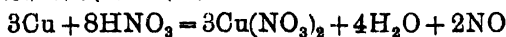
$$NH_4Cl + NaNO_2 = N_2 + 2H_2O + NaCl$$

এইরূপে নাইট্রাইট দূর করিয়া দ্রবণটিতে পুনরায় বলয়-পরীক্ষা করিয়া নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

নাইট্রোজেনের অক্সাইড

নাইট্রিক অক্সাইড (NO)

প্রস্তুতি: নাতিগাঢ় (1 : 1) শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের কপার-ছিলার বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। থিসিল-ফানেল ও নির্গমনল-বিশিষ্ট একটি উল্ফ্-বোতলে কিছু কপার-ছিলা ও জল লওয়া হয় এবং ফানেলের মধ্য দিয়া কিছু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। প্রথম প্রথম যে নাইট্রিক অক্সাইড নির্গত হয়, তাহা বোতলস্থ

অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিয়া গাঢ় বাদামী নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত হয়। বোতলের সমস্ত অক্সিজেন এইভাবে নাইট্রোজেন পারক্সাইড হইয়া বাহির হইয়া গেলে গ্যাসটি বর্ণহীন হইবে। তখন জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসটি জারে সংগ্রহ করা হয়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

ইহার সহিত সামান্য নাইট্রোজেন পারক্সাইড মিশ্রিত থাকিলে তাহা জলে দ্রবীভূত থাকিয়া যায় এবং কেবলমাত্র নাইট্রিক অক্সাইডই সঞ্চিত হয়।

বিশুদ্ধ অবস্থায় পাইতে হইলে গ্যাসটি প্রথম কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়া ও পরে নিরুদক ক্যাল্সিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

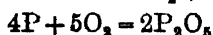
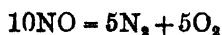
নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম:

নাইট্রিক অক্সাইড জলে অদ্রবণীয়, বর্ণহীন গ্যাস। ইহার ঘনত্ব বাতাসের প্রায় সমান।

রাসায়নিক ধর্ম:

(১) অল্প উত্তাপে বিযোজিত না হইলেও অধিকতর উষ্ণতায় ইহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। নাইট্রিক অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং সাধারণ অবস্থায় অপরের দহনেরও সহায়তা করে না। সেইজন্য নাইট্রিক-অক্সাইডপূর্ণ জারের মধ্যে জ্বলন্ত মোমবাতি, সাল্ফার বা ফস্ফরাসের ক্ষীণ শিখা নিভিয়া যায়। কিন্তু প্রজ্বলিত ফস্ফরাস অথবা ম্যাগ্নেসিয়াম তার নাইট্রিক অক্সাইডে প্রবিষ্ট করাইলে, তাহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। অতিরিক্ত উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়, এবং এই অক্সিজেনের সাহায্যেই দহনকার্য চলিতে থাকে।

$$10NO = 5N_2 + 5O_2$$

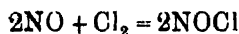
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

(২) নাইট্রিক অক্সাইড সহজেই অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া লালচে বাদামী নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত হয়।

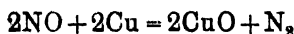
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

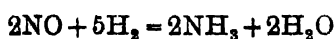
(৩) ইহা ফেরাস সালফেট দ্রবণে দ্রবীভূত হয়, এবং তাহার ফলে দ্রবণটি গাঢ় বাদামী বর্ণ ধারণ করে। নাইট্রেট বা নাইট্রাইটের যে বলয়-পরীক্ষার উল্লেখ করা হইয়াছে, তাহার মূলে আছে ফেরাস সালফেটে নাইট্রিক অক্সাইডের দ্রবণ। দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে ইহা হইতে নাইট্রিক অক্সাইড বাহির হইয়া যায়।

পরীক্ষা : একটি পরীক্ষানলে কিছু ফেরাস সালফেট দ্রবণ লইয়া তাহার মধ্য দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড প্রবাহিত কর। অনতিকালমধ্যে দ্রবণটি গাঢ় বাদামী বর্ণ ধারণ করিবে। এখন পরীক্ষানল উত্তপ্ত করিয়া দ্রবণটি ফুটাইতে থাকিলে দেখিবে বাদামী বর্ণ ধীরে ধীরে চলিয়া যাইতেছে।

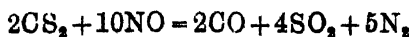
(৪) ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোসিল ক্লোরাইডে (NOCl) পরিণত হয়।

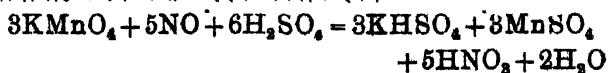
$$2NO + Cl_2 = 2NOCl$$

(৫) উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে বিজারিত হইয়া ইহা নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2NO + 2Cu = 2CuO + N_2$$

(৬) প্লাটিনামচূর্ণ প্রভাবকের সান্নিধ্যে নাইট্রিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয়।

$$2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$$

(৭) কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্প ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করিলে ইহা উজ্জ্বল বেগুনী শিখায় সহিত জ্বলিতে থাকে।

পরীক্ষা : নাইট্রিক-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে ২/৩ ফোঁটা কার্বন ডাই-সালফাইড ফেলিয়া তাহাতে অগ্নিসংযোগ কর। উজ্জ্বল বেগুনী আলো বিস্তার করিয়া গ্যাসটি জ্বলিতে থাকিবে।

$$2CS_2 + 10NO = 2CO + 4SO_2 + 5N_2$$

(৮) অম্লীকৃত পটাস্ পার্মাঙ্গানেট দ্রবণে নাইট্রিক অক্সাইড প্রবাহিত করিলে পার্মাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া বর্ণহীন হয়।

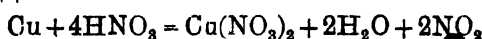
$$3KMnO_4 + 5NO + 6H_2SO_4 = 3KHSO_4 + 3MnSO_4 + 5HNO_3 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অক্সাইডের পরীক্ষা :

(১) বাতাস বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে ইহা লালচে বাদামী গ্যাসে পরিণত হয়।

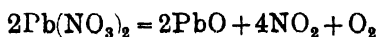
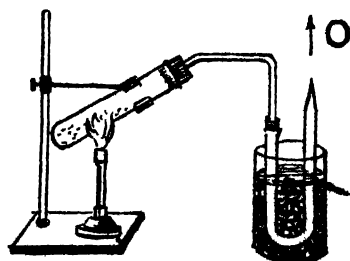
(২) ফেরাস সাল্‌ফেট দ্রবণে শোষিত হইয়া তাহাকে ঘোর বাদামী বা কৃষ্ণবর্ণে পরিণত করে।

নাইট্রোজেন পারক্সাইড (N_2O_4 বা NO_2)

প্রস্তুতি : আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে নাইট্রিক অক্সাইড (NO), অক্সিজেনের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন পারক্সাইডে পরিণত হয়। কিন্তু এই উপায়ে নাইট্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত করা সুবিধাজনক নহে। কারণ, তাহাতে সর্বদাই কিছু পরিমাণ অক্সিজেন বা নাইট্রিক অক্সাইড থাকিয়া যায়। কপার-ছিলার উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা এই গ্যাস প্রস্তুত করা যায়।

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

কিন্তু বিক্রিয়াকালে জল নির্গত হওয়ায় অ্যাসিডটি ক্রমেই লঘু হইতে থাকে এবং তাহার ফলে কিছু কিছু নাইট্রিক অক্সাইডও উৎপন্ন হয়।

রসায়নাগারে নাইট্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতির সর্বোৎকৃষ্ট উপায় হইল লেড্‌ নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করা।

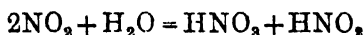
$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

চিত্রানুযায়ী একটি শক্ত কাচের পরীক্ষানলে লেড্‌ নাইট্রেট-চূর্ণ উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেনের যে মিশ্রণ উৎপন্ন হয়, তাহা বরফ ও লবণের শীতকমিশ্রণে নিমজ্জিত U-নলেব মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ফলে নাইট্রোজেন পার-ক্সাইড U-নলে ঘনীভূত হইয়া ঈষৎ পীত তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন নির্গমনলের শেষপ্রান্ত

৩২নং চিত্র—নাইট্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতি

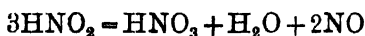
দিয়া বাহির হইয়া যায়। U-নলটি ঈষদুষ্ণ জলে রাখিলে নাইট্রোজেন পারক্সাইডের যে গাঢ় বাদামী ধোঁয়া নির্গত হইবে তাহা পারদের উপর অথবা বায়ুর নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা যায়।

নাইট্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম: সাধারণ অবস্থায় নাইট্রোজেন পারক্সাইড গাঢ় বাদামী গ্যাস, কিন্তু বরফ ও লবণের মিশ্রণের সাহায্যে ঠাণ্ডা করিলে ইহা ঈষৎ পীত তরল পদার্থে পরিণত হয়। তরল পদার্থটি প্রধানত বর্ণহীন N_2O_4 অণুদ্বারা গঠিত। উত্তাপ প্রয়োগে N_2O_4 বিযোজিত হইয়া গাঢ় বাদামী NO_2তে পরিণত হয়। ইহা তাপ বিযোজনের আর একটি উদাহরণ।

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$

এইজন্যই উত্তাপ প্রয়োগ করিলে ইহার রং ক্রমশ গাঢ় হইতে গাঢ়তর হয়। গ্যাসটি জলে দ্রবণীয়, এবং দ্রবীভূত হইলে ইহা HNO_3 ও HNO_2তে পরিণত হয়।

$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$

কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে HNO_2 ভাঙ্গিয়া HNO_3 এবং NOতে পরিণত হয়।

$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

কস্টিক সোডা দ্রবণে শোষিত হইলে ইহা $NaNO_3$ ও $NaNO_2$ উৎপন্ন করে।

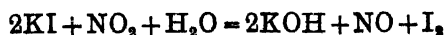
নাইট্রোজেন পারক্সাইড নিজে অদাহ্য, এবং সাধারণভাবে অন্যের দহনেও সহায়তা করে না। জলন্ত মোমবাতি অথবা পাটকাঠি ইহার মধ্যে প্রবেশ করাইলে নিভিয়া যায়। কিন্তু প্রজ্বলিত ফস্‌ফরাস বা সাল্‌ফার ইহার মধ্যে জ্বলিতে থাকে।

$$2S + 2NO_2 = 2SO_2 + N_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড কিন্তু সাল্‌ফারদহনে সহায়তা করে না। ইহা হইতে বুঝা যায় যে NO অপেক্ষা NO_2র স্থায়িত্ব অনেক কম এবং অপেক্ষাকৃত নিম্ন উষ্ণতাতেই ইহা ভাঙ্গিয়া যায়।

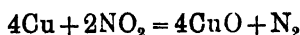
নাইট্রোজেন পারক্সাইডের জারণগুণও উল্লেখযোগ্য। ইহা পটাসিয়াম

আয়োডাইডকে আয়োডিন এবং হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডকে সাল্‌ফারে পরিণত করে।

$$2KI + NO_2 + H_2O = 2KOH + NO + I_2$$
$$H_2S + NO_2 = S + H_2O + NO$$

স্টীম ও NO_2 মিলিয়া SO_2কে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$NO_2 + SO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO$$

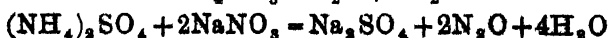
উত্তপ্ত কপারের উপর প্রবাহিত করিলে ইহা বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

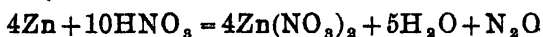
$$4Cu + 2NO_2 = 4CuO + N_2$$

শোষক ঃ গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ও ক্ষারদ্রবণ কর্তৃক ইহা শোষিত হয়। গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড NO_2কে শোষণ করিয়া নাইট্রোসো-সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)

নাইট্রাস অক্সাইডের আর একটি নাম 'লাফিং গ্যাস' (Laughing gas)। নিঃশ্বাসের সহিত অল্প পরিমাণে গ্রহণ করিলে স্নায়ুমণ্ডলীর উপর বিশেষ ক্রিয়ার ফলে ইহা হাসির উদ্রেক করে বলিয়া ডেভী ইহার নাম দিয়াছিলেন **লাফিং গ্যাস**। অধিকক্ষণ গ্রহণ করিলে মানুষ অজ্ঞান হইয়া যায়, এবং সেই সময় তাহার কোনো বেদনাবোধ থাকে না বলিয়া একসময় ইহা ক্লোরোফর্মের ন্যায় সংজ্ঞাহারী (anaesthetic) ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হইত।

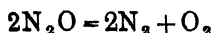
প্রস্তুতি ঃ একটি শক্ত কাচের গোলকুপীতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3)চূর্ণ উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরিতে এই গ্যাস প্রস্তুত করা হয় এবং ঈষদুষ্ণ জলের অপসারণ দ্বারা ইহা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। NH_4NO_3 অধিক উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া অনেক সময় NH_4NO_3-এর পরিবর্তে $(NH_4)_2SO_4$ ও $NaNO_3$-এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$
$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2N_2O + 4H_2O$$

বিশুদ্ধ অবস্থায় পাইতে হইলে গ্যাসটি যথাক্রমে পটাস পার্মাঙ্গানেট দ্রবণ, কস্টিক সোডা দ্রবণ এবং সর্বশেষে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সঞ্চিত করা হয়। কপার বা জিঙ্কের উপর লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারাও N_2O পাওয়া যায়।

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$$

নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম : নাইট্রাস অক্সাইড সুমিষ্ট, মৃদু গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস। বাতাস অপেক্ষা ইহার ঘনত্ব অধিক। ঠাণ্ডা জল ও কোহলে গ্যাসটি যথেষ্ট দ্রাব্য হইলেও উষ্ণ জলে ইহার দ্রাব্যতা খুব কম। সেইজন্য উষ্ণ জলের উপর গ্যাসটি সংগ্রহ করা হয়। জলীয় দ্রবণটি নীল বা লাল লিট্‌মাসের কোনো পরিবর্তন করে না, অর্থাৎ অন্যান্য নাইট্রোজেন অক্সাইড-গুলির ন্যায় জলে দ্রবীভূত হইয়া ইহা কোনো অ্যাসিড উৎপন্ন করে না।

শরীরের উপর এই গ্যাসটির বিশেষ ক্রিয়ার কথা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে।

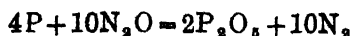
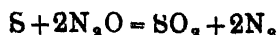
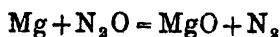
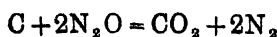
রাসায়নিক ধর্ম : নাইট্রাস অক্সাইড নিজে অদাহ্য হইলেও ইহা প্রায় অক্সিজেনের ন্যায়ই দহনকার্যের সহায়তা করিয়া থাকে। অত্যন্ত অল্প তাপপ্রয়োগে গ্যাসটি ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনে পরিণত হওয়ার ফলেই এইরূপ হয়।

$$2N_2O = 2N_2 + O_2$$

পরীক্ষা : নাইট্রাস-অক্সাইডপূর্ণ কয়েকটি জারের মধ্যে পর পর জ্বলন্ত পাটকাঠি, ম্যাগ্‌নেসিয়াম তার এবং প্রজ্বালনী চামচে সাল্‌ফার বা ফস্‌ফরাসের জ্বলন্ত টুকরা প্রবিষ্ট করাইলে দেখিবে উহারা নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে উজ্জ্বলতর হইয়া জ্বলিতে থাকিবে,

$$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2$$

$$Mg + N_2O = MgO + N_2$$

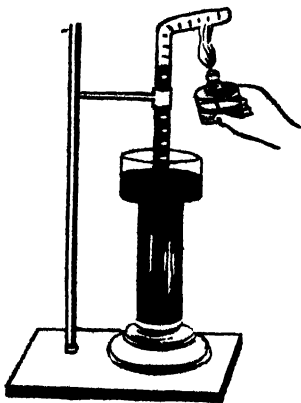
$$S + 2N_2O = SO_2 + 2N_2$$

$$4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$$

এইভাবে নাইট্রাস অক্সাইড প্রায় অক্সিজেনের ন্যায় দহনকার্যের সহায়তা

করে বলিয়া অনেক সময় ইহাকে অক্সিজেন বলিয়া ভুল হইতে পারে। নিম্নের তালিকায় অক্সিজেনের সহিত ইহার কতকগুলি পার্থক্য দেওয়া হইল :—

পরীক্ষা	নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)	অক্সিজেন (O_2)
(১) গন্ধ	মৃদু মিষ্ট গন্ধ	গন্ধহীন
(২) জার দুইটির মুখে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) গ্যাস ছাড়িয়া দাও।	কোনো পরিবর্তন দেখা যাইবে না।	গাঢ় বাদামী ধোঁয়ার সৃষ্টি হইবে।
(৩) দুইটি জারেই কিছুটা ক্ষারীয় পাইরো-গ্যালেট দ্রবণ ঢালিয়া দাও, তারপর জার দুইটি ঢাকনা সহ উত্তমরূপে নাড়িয়া দিয়া জলের উপর উপুর করিয়া দাও।	জারের মধ্যে জল বিশেষ উঠিবে না।	জারের মধ্যে জল উঠিয়া জারটি প্রায় ভর্তি করিয়া ফেলিবে। অক্সিজেন ক্ষারীয় পাইরো-গ্যালেটে দ্রবীভূত হওয়ার ফলেই এইরূপ জল উঠিয়া যায়।
(৪) দুইটি জারেই জলন্ত ফস্‌ফরাস পোড়াইতে থাক, পোড়ানো শেষ হইলে জার দুইটি জলের উপর উপুর করিয়া দাও।	জারের মধ্যে জল বিশেষ উঠিবে না, কারণ ফস্‌ফরাস পুড়িলেযেনাইট্রোজেন পড়িয়া থাকে তাহার আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তনের সমান।	জারের মধ্যে জল কিছুটা উঠিবে।

নাইট্রাস ও নাইট্রিক অক্সাইডের সংযুতি

বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ প্রণালী—এই প্রণালীতে চিত্রানুযায়ী একটি বক্র নল পারদ অপসারণ দ্বারা গ্যাসপূর্ণ (N_2O বা NO) করা হয় এবং সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন জানিয়া লওয়া হয়। নলটির উপরের বক্র অংশে এক টুকরা পটাসিয়াম রাখা হয় এবং বাহির হইতে বুন্‌সেন দীপের সাহায্যে পটাসিয়াম টুকরাটি উত্তপ্ত করা হয়। ফলে পটাসিয়াম ও গ্যাসস্থ অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া পটাসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়, ও নলটিতে নাইট্রোজেন গ্যাস অবশিষ্ট থাকে। এখন যন্ত্রটি ঠাণ্ডা করিয়া পুনরায় একই চাপ ও উষ্ণতায় ইহার আয়তন পরীক্ষা করা হয়।

৬৩নং চিত্র—বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ প্রণালী

(ক) নাইট্রাস অক্সাইডের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে গ্যাস-আয়তনের কোনো তারতম্য ঘটে না ; অর্থাৎ—

1 ঘনায়তন নাইট্রাস অক্সাইড হইতে 1 ঘনায়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। সুতরাং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে,—

নাইট্রাস অক্সাইডের ১টি অণুতে আছে নাইট্রোজেনের ১টি অণু বা দুইটি পরমাণু ;

সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত—N_2O_x

'x'-এর পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে ইহার আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে।

পরীক্ষা দ্বারা দেখা গেল ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 22·0, সুতরাং আণবিক গুরুত্ব = 44

অতএব— $16x + 2 \times 14 = 44$

$\therefore\ 16x = 16$

$$x = 1$$

সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত—N_2O।

(খ) নাইট্রিক অক্সাইডের ক্ষেত্রে নাইট্রোজেনের আয়তন গ্যাস-(NO) আয়তনের অর্ধেক হয়।

সুতরাং, 1 ঘনায়তন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে $\frac{1}{2}$ ঘনায়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়;

অতএব নাইট্রিক অক্সাইডের 1 অণু হইতে পাওয়া যায় নাইট্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু বা 1 পরমাণু;

অতএব নাইট্রিক অক্সাইডের সংকেত NO_x লেখা যায়।

ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 15, সুতরাং আণবিক গুরুত্ব = 30

অতএব $14 + 16x = 30$

$\therefore \quad 16x = 16$

অথবা $x = 1$

অতএব নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত—NO।

প্রকৃতিতে নাইট্রোজেনের আবর্তনচক্র :

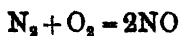
নাইট্রোজেন উদ্ভিদ্ ও প্রাণী উভয় দেহেরই অপরিহার্য উপাদান হইলেও প্রাণিজগৎ তাহাদের প্রযোজনীয় নাইট্রোজেনের জন্য উদ্ভিদ্‌জগতের উপর নির্ভরশীল। বাতাসে নাইট্রোজেনের অফুরন্ত ভাণ্ডার থাকিলেও কেবলমাত্র শীম-জাতীয় কয়েকটি উদ্ভিদ্ ব্যতীত অন্য কোনো উদ্ভিদ্‌ই বাতাসের এই নাইট্রোজেনকে প্রত্যক্ষভাবে কাজে লাগাইতে পারে না।

উদ্ভিদেরা মাটি হইতে শিকড়ের সাহায্যে দ্রবণীয় নাইট্রেট লইয়া তাহাকে প্রোটিন জাতীয় পদার্থে পরিণত করে। উদ্ভিদ্ ও প্রাণি-দেহ গঠনের অন্যতম উপাদান প্রোটিন, কার্বন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সমন্বয়ে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। উদ্ভিদ্-দেহের এই প্রোটিন হইতে তৃণভোজী জীবজন্তু তাহাদের প্রয়োজনীয় প্রোটিন পাইয়া থাকে এবং মাংসাশী জীবজন্তু আবার এই সকল জন্তুর দেহ হইতে তাহাদের প্রোটিনের চাহিদা পূর্ণ করে।

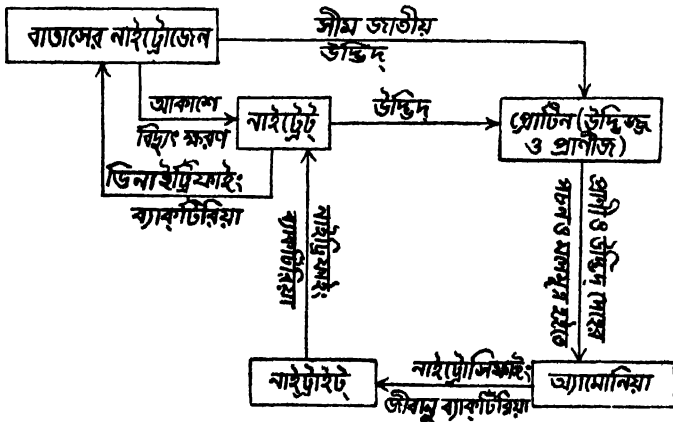
সুতরাং মাটি হইতে নাইট্রোজেন উদ্ভিদ্-দেহে এবং উদ্ভিদ্-দেহ হইতে প্রাণিদেহে প্রবেশ করে। মলমূত্র প্রভৃতির সহিত এবং মৃত উদ্ভিদ্ ও প্রাণিদেহ পচিবার ফলে এই নাইট্রোজেনের কিয়দংশ অ্যামোনিয়া রূপে আবার মাটিতে প্রবেশ করে। কিন্তু যেহেতু উদ্ভিদেরা খাদ্য হিসাবে অ্যামোনিয়া গ্রহণ করিতে পারে না, সেইজন্য তাহাদের সহায়তা করিবার জন্য মাটিতে থাকে নানাপ্রকার জীবাণু। এই সকল জীবাণুদের কতকগুলি, যাহাদের **নাইট্রো-সিফাইং** ব্যাক্টিরিয়া বলা হয়, তাহারা তখন অ্যামোনিয়াকে নাইট্রাইটে পরিণত করে, এবং তাহার পর **নাইট্রিফাইং ব্যাক্টিরিয়া** নামে আর এক শ্রেণীর ব্যাক্টিরিয়া নাইট্রাইটকে নাইট্রেট করে। নাইট্রেটের অধিকাংশই মাটিতে গাছের খাদ্যরূপে থাকিয়া সামান্য কিছু অংশ আর এক ধরনের ব্যাক্টিরিয়ার (ডিনাইট্রিফাইং ব্যাক্টিরিয়া) প্রভাবে নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বাতাসে চলিয়া যায়। এইরূপে নাইট্রোজেন মাটি হইতে উদ্ভিদ্, উদ্ভিদ্ হইতে প্রাণী এবং প্রাণী হইতে পুনরায় মাটিতে ক্রমাগত আবর্তিত হইতে থাকে। কিন্তু দুঃখের বিষয় যে উদ্ভিদ্ ও প্রাণিদেহের বেশ কিছুটা নাইট্রোজেন সহরের আবর্জনা নিকাশের ব্যবস্থার ফলে সমুদ্রে চলিয়া যায় এবং কিছু কিছু নাট্রোজেন মাটি হইতে মুক্ত হইয়া বাতাসে চলিয়া যায়। এইরূপ চলিবার ফলে জমিতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ ক্রমশই কমিতে থাকে এবং জমির উর্বরাশক্তি হ্রাস পায়। ইহার প্রতিবিধানকল্পে প্রকৃতি দেবী কতকগুলি ব্যবস্থা করিয়াছেন, যেমন—(১) আকাশে বিদ্যুৎক্ষরণের ফলে বায়ুমধ্যস্থ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়, (বার্কল্যাণ্ড ও আইড্ পদ্ধতি দেখ) এবং অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেন পারক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। বৃষ্টির জলে নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিড রূপে দ্রবীভূত হইয়া মাটির ক্ষারজাতীয় পদার্থের সংস্পর্শে ইহা নাইট্রেট ও নাইট্রাইটে পরিণত হয়।

$$N_2 + O_2 = 2NO$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$

এইরূপে আকাশে বিদ্যুৎক্ষরণ দ্বারা সমগ্র পৃথিবীতে প্রায় 10 কোটি টন নাইট্রোজেন বায়ুমণ্ডলী হইতে মাটিতে প্রবেশলাভ করে।

(২) সীম-জাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ে যে ছোট ছোট দানা থাকে তাহাদের মধ্যে একজাতীয় ক্ষুদ্র জীবাণু বাস করে, এই সব জীবাণু বাতাসের নাইট্রোজেনকে গাছের খাদ্যোপযোগী করিয়া তোলে। সুতরাং জমিতে ধঞ্চে, বড়বটী, সীম প্রভৃতি শুঁটিযুক্ত উদ্ভিদ্ লাগাইয়া ফুল ধরিবার সঙ্গে সঙ্গে চাষ দিয়া গাছগুলি জমিতে মিশাইয়া দিলে ইহাদের সাহায্যে নাইট্রোজেন কিছুটা ব্যবহারোপযোগী হইয়া মাটিতে ফিরিয়া যায়।

বাতাস ও মাটির মধ্যে নাইট্রোজেনের আবর্তনচক্রের একটি চিত্র নিম্নে দেওয়া হইল।

৬৪ নং চিত্র

বর্তমান যুগে খাদ্যের চাহিদা বৃদ্ধির ফলে কৃষিকার্যের প্রসার এত বৃদ্ধি পাইয়াছে যে, প্রকৃতির নাইট্রোজেনচক্র আর জমিতে নাইট্রোজেনের অভাব পূরণ করিতে পারে না। সেইজন্য জমিতে কৃত্রিম সার দেওয়া (নাইট্রেট সার) একান্ত প্রয়োজন। এদিকে আবার বিস্ফোরক ও অন্যান্য নানা দ্রব্য প্রস্তুতের জন্য নাইট্রিক অ্যাসিডের চাহিদা বৃদ্ধি পাওয়ায় খনিজ নাইট্রেটের একটি বিরাট অংশ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত

হইতে লাগিল। দূরদৃষ্টিসম্পন্ন বৈজ্ঞানিকগণ দেখিলেন যে এইভাবে চলিতে থাকিলে অদূর ভবিষ্যতে পৃথিবীর সমস্ত খনিজ নাইট্রোজেনই নিঃশেষ হইয়া যাইবে এবং নাইট্রোজেনের অভাবে পৃথিবীতে এক মহা সঙ্কট উপস্থিত হইবে। তখন সুরু হইল বৈজ্ঞানিকদের সাধনা—বাতাসের নাইট্রোজেনকে অ্যামোনিয়া ও নাইট্রেটে পরিণত করিতে হইবে। এই সমস্ত গবেষণার ফলে নাইট্রোজেনকে যৌগিক পদার্থে পরিণত করার যে চারিটি পদ্ধতি আবিষ্কৃত হইয়াছে, তাহাদের মধ্যে জার্মান বৈজ্ঞানিক হাবেরের (Haber) পদ্ধতিটিই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

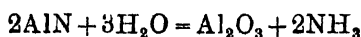
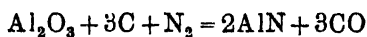
(১) **হাবের পদ্ধতি** (Haber's Process) : এই পদ্ধতিতে বাতাসের নাইট্রোজেনকে প্রথমে অ্যামোনিয়া ও পরে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

(২) **বার্কল্যাণ্ড ও আইড্ পদ্ধতি।**

(৩) **সায়ানামাইড পদ্ধতি।**

(৪) **সারপেক্ পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে কোক্ ও নাইট্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডে পরিণত করা হয়। পরে এই অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে জলীয় বাষ্পের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া অ্যামোনিয়ায় পরিণত করা হয়।

$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO$$

$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3$$

Exercises

1. Describe a process for the manufacture of nitric acid from atmospheric nitrogen. [বাতাসের নাইট্রোজেন হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর।]

2. Describe the preparation of any two oxides of nitrogen in the pure and dry condition, and describe the properties of any one of them. [বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় নাইট্রোজেনের যে-কোনো দুইটি অক্সাইড প্রস্তুতির বর্ণনা দাও, এবং উহাদের যে-কোনো একটির গুণাগুণ বিবৃত কর।]

3 Describe with equations, what happens, when

(a) Red-hot charcoal is dropped into conc. nitric acid.

(b) A mixture of ammonia and air is passed over a red-hot platinum gauze.

(c) Conc. sulphuric acid is poured carefully into a mixture of cold, dilute nitric acid and ferrous sulphate solution.

(d) Excess of ammonia is added to a copper sulphate solution.

4. There are three gas-jars, one containing NO, the second N_2O and the third air. How will you establish the identity of the gases by experiment? [তিনটি গ্যাস-জারের একটিতে NO, দ্বিতীয়টিতে N_2O ও তৃতীয়টিতে বাতাস আছে। কোন্‌টিতে কি আছে পরীক্ষা দ্বারা তাহা কিরূপে স্থির করিবে ?]

5. How is pure nitrous oxide prepared in the laboratory? Describe a method for the determination of the volumetric composition of nitrous oxide, and deduce its molecular formula. [ল্যাবরেটরিতে বিশুদ্ধ নাইট্রাস অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়? নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর, এবং উহার আণবিক সংকেত কিরূপে পাওয়া যাইবে বল।]

———

একবিংশ অধ্যায়

ফস্‌ফরাস, P_4

[পারমাণবিক গুরুত্ব = 30·08 ; পরমাণু ক্রমাঙ্ক = 15]

প্রকৃতিতে প্রধানত ফস্‌ফেট হিসাবেই ফস্‌ফরাস পাওয়া যায়। ফস্‌ফেট-যুক্ত খনিজপদার্থগুলির মধ্যে নিম্নলিখিতগুলি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য :—

(১) ফস্‌ফোরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$

(২) ফ্লুর-আপাটাইট (Fluor-apatite), $Ca_5(PO_4)_3F$

(৩) ক্লোর-আপাটাইট (Chlor-apatite), $Ca_5(PO_4)_3Cl$

(৪) হাইড্রক্সি-আপাটাইট (Hydroxy-apatite), $Ca_5(PO_4)_3(OH)$.

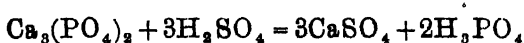
শেষোক্ত পদার্থটি (হাইড্রক্সি-আপটাইট) প্রাণিদেহের হাড় ও দাঁতের একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। তা'ছাড়া লেসিথিন নামক ফস্‌ফরাস যৌগ মস্তিষ্ক, মাংসপেশী ও স্নায়ু-গঠনের একটি বিশিষ্ট উপাদান। একটি সাধারণ মানুষের হাড়ে গড়পড়তা প্রায় 1400 গ্রাম্‌, মাংসপেশীতে 130 গ্রাম্‌ এবং স্নায়ু ও মস্তিষ্কে প্রায় 12 গ্রাম্‌ ফস্‌ফরাস যৌগিক অবস্থায় থাকে। খাদ্যদ্রব্যের মধ্যে ডিমের হলুদ অংশ ও সীমের মধ্যে বেশ কিছুটা ফস্‌ফরাস পাওয়া যায়। ফস্‌ফরাস প্রাণিদেহের একটি অপরিহার্য উপাদান, এবং এই ফস্‌ফরাস সরবরাহের জন্য প্রাণিজগৎকে শেষ পর্যন্ত উদ্ভিদ্‌জগতের উপরই নির্ভর করিতে হয়। উদ্ভিদেরা আবার এই ফস্‌ফরাস মাটি হইতে সংগ্রহ করে। প্রাণিদেহ, মলমূত্র প্রভৃতি পচিয়া ফস্‌ফেটরূপে মাটির সহিত মিশিয়া যায়, এবং এইরূপে প্রাণিদেহ হইতে মাটিতে, মাটি হইতে উদ্ভিদ্‌-দেহে এবং উদ্ভিদ্‌-দেহ হইতে পুনরায় প্রাণিদেহে ফস্‌ফরাস ক্রমাগত আবর্তিত হইতে থাকে। অনেক সময় ক্রমাগত চাষ-আবাদের ফলে মাটিতে ফস্‌ফেটের পরিমাণ খুবই কমিয়া যায়, এবং তাহার ফলে উৎপাদন হ্রাস পায়। তখন হাড়ের গুঁড়া বা কৃত্রিম ফস্‌ফেট সার দিয়া জমিতে ফস্‌ফরাসের ঘাটতি পূরণ করা হয়।

ফস্‌ফরাস প্রস্তুতি ঃ মূত্রের জলীয় অংশ বাষ্পীভূত করিয়া যে কঠিন অংশ পড়িয়া থাকে তাহাকে বালুর সহিত মিশাইয়া শ্বেত-তপ্ত করিয়া ১৬৬৯ খৃস্টাব্দে ব্রাণ্ড (Brand) প্রথম ফস্‌ফরাস প্রস্তুত করেন। অন্ধকারে রাখিলেও ইহা আলোক বিকীরণ করিত বলিয়া ইহার নাম হয় ফস্‌ফরাস [ফস্ (phos) = আলো, ফেরো (phero) = বহন করে]। ইহার প্রায় এক শতাব্দী পরে ১৭৭১ খৃস্টাব্দে হাড়ের গুঁড়াকে বালুর সহিত উত্তপ্ত করিয়া শীলে (Scheele) ফস্‌ফরাস প্রস্তুত করেন। বর্তমান যুগে প্রায় অনুরূপ রাসায়নিক পদ্ধতির সাহায্যেই ফস্‌ফরাস প্রস্তুত করা হয়।

পুরাতন পদ্ধতি ঃ পূর্বে অস্থিভস্ম হইতে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ও চারকোলচূর্ণের সাহায্যে ফস্‌ফরাস নিষ্কাশন করা হইত।

এই পদ্ধতিতে হাড়গুলি পরিষ্কার করিয়া প্রথমে চর্বিজাতীয় পদার্থ, জিলাটিন প্রভৃতি হইতে মুক্ত করা হয়। তৎপর বায়ুহীন পাত্রে অন্তর্ধূম-পাতন দ্বারা উহাদের প্রাণীজ চারকোলে পরিণত করা হয়। এই চারকোল বাতাসে ভস্মীভূত করিলে অস্থিভস্ম নামে যে শ্বেত ভস্ম পাওয়া যায়, তাহার প্রায় শতকরা 80 ভাগই ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট [$Ca_3(PO_4)_2$]।

অতঃপর এই অস্থিভস্ম গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

ক্যাল্‌সিয়াম সাল্‌ফেট ছাঁকিয়া লইয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সহিত চারকোলচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া মাটির বকযন্ত্রে শ্বেত-তপ্ত করা হয় এবং ফস্‌ফরাস-বাষ্প জলের নীচে ঘনীভূত হইয়া কঠিন হইয়া যায়। উত্তাপ প্রয়োগের ফলে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড এক অণু জল ত্যাগ করিয়া মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$

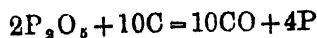
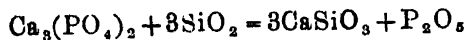
তৎপর মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড চারকোল কর্তৃক বিজারিত হইয়া ফস্‌ফরাসে পরিণত হয়।

$$4HPO_3 + 12C = 2H_2 + 12CO + P_4$$

আধুনিক পদ্ধতি : আপাটাইট প্রভৃতি খনিজ ফস্‌ফেটচূর্ণ, অস্থিভস্ম, বালি ও কোক্‌-কয়লাচূর্ণ উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া উপরের চোঙা দিয়া বৈদ্যুতিক চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীর নীচের দিকে দুইটি গ্রাফাইট তড়িৎদ্বারের মধ্যে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ বা আর্ক সৃষ্টি করিয়া রাসায়নিক ক্রিয়ার অনুকূল উত্তাপের সৃষ্টি করা হয়। সিলিকা ও কার্বনের যৌথ ক্রিয়ার দ্বারা ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট ফস্‌ফরাসে পরিণত হয়। রাসায়নিক ক্রিয়া দুইটি পর্যায়ে সংঘটিত হয় বলিয়া অনুমান করা হয়।

৩৫ নং চিত্র—ফস্‌ফরাস নিষ্কাশন

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

$$2P_2O_5 + 10C = 10CO + 4P$$

প্রথম পর্যায়ে ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট সিলিকা কর্তৃক ক্যাল্‌সিয়াম সিলিকেট ও ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডে রূপান্তরিত হয়, এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে কার্বন কর্তৃক ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডের বিজারণ হয়।

ফস্‌ফরাস বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইড উপরের নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া ঠাণ্ডা জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। ফলে ফস্‌ফরাস ঘনীভূত হইয়া কঠিন আকার ধারণ করে এবং কার্বন মনোক্সাইড বাহির হইয়া যায়।

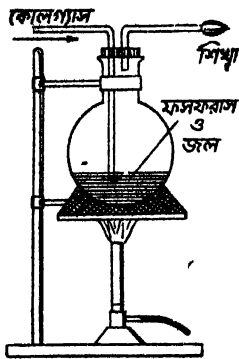
এইভাবে প্রাপ্ত ফস্‌ফরাস খুব বিশুদ্ধ নয়, ইহাকে গরম জলের নীচে গলাইয়া ক্রোমিক্ অ্যাসিডের সহিত উত্তমরূপে নাড়িয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে ফস্‌ফরাসের সহিত মিশ্রিত অনেক অপ্রয়োজনীয় জিনিস জারিত হইয়া হয় দ্রবীভূত হয়, কিংবা উপরে সরের ন্যায় ভাসিয়া উঠে। তখন ইহাদের তুলিয়া ফেলিয়া গলিত ফস্‌ফরাস স্যাময় চামড়ার থলিতে চাপ দিয়া ছাঁকিয়া লইয়া গোল গোল কাঠির আকারে ঢালাই করা হয়। এইরূপে বিশুদ্ধ ফস্‌ফরাস পাওয়া যায়।

ফস্‌ফরাসের ধর্ম: ফস্‌ফরাসের ধর্মের কথা বলিতে গেলে প্রথমেই বলিতে হয় ইহার **বহুরূপের** (allotropy) কথা। নানা রূপের মধ্যে ইহার দুইটি রূপই বিশেষ উল্লেখযোগ্য, যথা—

(১) **শ্বেত বা পীত ফস্‌ফরাস** এবং (২) **লোহিত ফস্‌ফরাস**।

ফস্‌ফরাস বাষ্প ঘনীভূত করিয়া কঠিন করিলে যে ফস্‌ফরাস পাওয়া যায়, তাহার সাদা বা ঈষৎ হলুদ রংয়ের জন্য তাহাকে শ্বেত বা পীত ফস্‌ফরাস বলা হয়। ইহা মোমের ন্যায় নরম, ঈষৎ স্বচ্ছ (translucent) কঠিন পদার্থ, ইহার গলনাঙ্ক 44° এবং স্ফুটনাঙ্ক 280° সেন্টিগ্রেড। কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড, বেন্‌জীন, ইথার, টার্পেন্‌টাইন প্রভৃতিতে ইহা সহজেই দ্রবীভূত হয়, কিন্তু জলে একেবারেই অদ্রাব্য। বাতাস ও অক্সিজেনের সংস্পর্শে খুব সাধারণ উষ্ণতাতেই (30° সে. গ্রে.) জ্বলিয়া উঠে বলিয়া শ্বেত ফস্‌ফরাস সর্বদা জলের নীচে রাখা হয়। শরীরের ক্ষতিকর বিষাক্ত পদার্থ বলিয়া **ইহা সাবধানে নাড়াচাড়া করা উচিত**। সাধারণ উষ্ণতাতেই ইহা অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়। এই রাসায়নিক ক্রিয়া-কালে ঈষৎ-সবুজ একপ্রকার আলোক বিকীর্ণ হইতে থাকে। অন্ধকারে রাখিলে এই আলোক বিশেষ করিয়া দৃষ্টিগোচর হয়।

পরীক্ষা: একটি কাচের গোল কুপীতে কিছু জল লইয়া তাহাতে কয়েক টুকরা ফস্‌ফরাস ছাড়িয়া দাও। তারপর কুপীর মধ্যে বুদ্‌বুদের আকারে কোল-গ্যাস প্রবাহিত করিয়া বাতাস দূর কর এবং জল ফুটাইতে থাক। জলীয় বাষ্পের সহিত ফস্‌ফরাস বাষ্পরূপে নির্গত হইয়া বাতাসের

সংস্পর্শে আসিয়া নির্গমনলের মুখে সবুজাভ আলোকসহ জ্বলিতে থাকিবে এই শিখাটি এত ঠাণ্ডা যে ইহাতে কাগজের টুকরা, এমন কি দেশলাইয়ের কাঠি পর্যন্ত পুড়িবে না।

৩৩নং চিত্র—শীতল অগ্নিশিখা।

নিম্ন উষ্ণতায় ফস্‌ফরাসের এই দাহ্যতার সাহায্যে অনেক সুন্দর সুন্দর পরীক্ষা করা যায়।

পরীক্ষা—জলের নীচে আগুন :

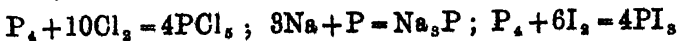
(১) একটি জলপূর্ণ বীকারে জলের নীচে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফরাস ও পটাসিয়াম ক্লোরেটের দানা গায়ে গায়ে ঠেকাইয়া রাখিয়া একটি দীর্ঘনাল ফানেলের সাহায্যে ফস্‌ফরাসের ঠিক উপরে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দাও, জলের নীচেই ফস্‌ফরাসের টুকরাগুলি জ্বলিয়া উঠিবে।

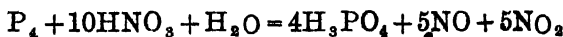
(২) একটি ছোট বীকারে জলের মধ্যে কিছু শ্বেত ফস্‌ফরাস লইয়া জলটি প্রায় 60° সে. গ্রেডে উত্তপ্ত কর, এবং অক্সিজেনের চোঙ্গা হইতে অক্সিজেন গ্যাস লইয়া ফস্‌ফরাসের উপরে প্রবাহিত করিতে থাক। ফস্‌ফরাস জলের নীচেই জ্বলিতে থাকিবে।

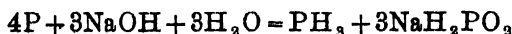
পরীক্ষা—আগুনের অক্ষর :

কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে শ্বেত ফস্‌ফরাসের দ্রবণ লইয়া একটি তুলা-জড়ানো কাঠদণ্ডের সাহায্যে কাগজের উপর কিছু লিখিয়া দাও, অল্প পরেই কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড বাষ্পীভূত হওয়ার ফলে অবশিষ্ট ফস্‌ফরাসে আগুন ধরিয়া সমস্ত লেখাটি জ্বলিয়া উঠিবে।

শ্বেত ফস্‌ফরাস সাধারণ উষ্ণতাতেই হ্যালোজেন, সাল্‌ফার প্রভৃতি অধাতু ও Na, K, Ca প্রভৃতি ধাতুর সহিত সংযুক্ত হইয়া হ্যালাইড, সাল্‌ফাইড, অথবা ফস্‌ফাইড উৎপন্ন করে।

$$P_4+10Cl_2=4PCl_5\ ;\ \ 3Na+P=Na_3P\ ;\ \ P_4+6I_2=4PI_3$$

গাঢ় উত্তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে ইহা ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

গাঢ় কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাস দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফিন (PH_3) এবং হাইপো-ফস্‌ফাইট উৎপন্ন হয় (ফস্‌ফিনের প্রস্তুত-প্রণালী দেখ)।

$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

লোহিত ফস্‌ফরাস :

প্রস্তুতি : 250° সে: গ্রে: উষ্ণতায় নাইট্রোজেন বা কোনো নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মাধ্যমে শ্বেত ফস্‌ফরাসকে উত্তপ্ত করিলে ইহা লোহিত ফস্‌ফরাসে রূপান্তরিত হয়। আয়োডিনের সংস্পর্শে পরিবর্তন সহজ হয় বলিয়া প্রভাবক হিসাবে সামান্য আয়োডিন দেওয়া হয়। ঢালাই লোহার আবদ্ধ-পাত্রে বাতাসের সংস্পর্শ বাঁচাইয়া শ্বেত ফস্‌ফরাসকে 240°-250° সে: গ্রেডে উত্তপ্ত করা হয় এবং পরিবর্তিত ফস্‌ফরাস্ জলের নীচে চূর্ণ করিয়া গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত ফুটানো হয়। ইহার ফলে অপরিবর্তিত শ্বেত ফস্‌ফরাস ফস্‌ফিন ও হাইপো-ফস্‌ফাইটে পরিণত হইয়া অপসারিত হয়, এবং অবশিষ্ট ফস্‌ফরাস পরিস্রুত করিয়া উষ্ণ জলে ধুইয়া বাষ্পে শুষ্ক করা হয়।

লোহিত ফস্‌ফরাসকে বায়ুহীন পাত্রে উত্তপ্ত করিলে ইহা বাষ্পে পরিণত হইয়া পুনরায় শ্বেত ফস্‌ফরাসরূপে ঘনীভূত হয়।

লোহিত ফস্‌ফরাসের ধর্ম : চকোলেট বর্ণের এই ফস্‌ফরাস শ্বেত ফস্‌ফরাস অপেক্ষা ভারী (ঘনত্ব = 2·2) এবং অন্ধকারে শ্বেত ফস্‌ফরাসের ন্যায় ইহার কোনো আলোকপ্রভা দেখা যায় না। ইহার কোনো দুর্গন্ধ নাই, এবং শরীরের উপর বিষক্রিয়াও ইহার অনেক কম। জল ও কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে ইহা অদ্রবণীয়।

লোহিত ফস্‌ফরাসের রাসায়নিক ধর্ম শ্বেত ফস্‌ফরাসের অনুরূপ হইলেও ইহার ক্রিয়াশীলতা অনেক কম, বাতাস বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে প্রায় 260° সে: গ্রে: উষ্ণতায় ইহা জ্বলিয়া উঠিয়া ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন

করে। হ্যালোজেন, সাল্‌ফার প্রভৃতির সহিত ইহার রাসায়নিক সংযোগ-শ্বেত ফস্‌ফরাসের ন্যায় সহজে হয় না। গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণে ইহার কোনো পরিবর্তন হয় না।

নিম্নে শ্বেত ও লোহিত ফস্‌ফরাসের ধর্মের একটি তুলনামূলক তালিকা দেওয়া হইল :—

ধর্ম	শ্বেত ফস্‌ফরাস	লোহিত ফস্‌ফরাস
(১) বর্ণ ও গন্ধ	সাদা বা ঈষৎ হলুদ, কাঁচা রশুনের গন্ধ	চকোলেট বর্ণ, গন্ধহীন
(২) ঘনত্ব	1·8	2·2
(৩) গলনাঙ্ক	44·1° সেঃ গ্রেঃ	592·5° সেঃ গ্রেঃ
(৪) বাতাসে জ্বলনাঙ্ক (Ignition temp.)	35° সেঃ গ্রেঃ	260° সেঃ গ্রেঃ
(৫) কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রাব্যতা	দ্রাব্য	অদ্রাব্য
(৬) রাসায়নিক সক্রিয়তা	অত্যন্ত সক্রিয়	অপেক্ষাকৃত কম ক্রিয়াশীল
(৭) অন্ধকারে আলোকপ্রভা	দেখা যায়	প্রভাহীন
(৮) ক্লোরিন গ্যাসে	সাধারণ উষ্ণতায় জ্বলিয়া উঠে	উত্তপ্ত করিলে জ্বলে
(৯) শরীরের উপর ক্রিয়া	বিষাক্ত	বিষক্রিয়া কম

ফস্‌ফরাসের ব্যবহার ঃ পূর্বে দেশলাই-শিল্পে শ্বেত ফস্‌ফরাস ব্যবহৃত হইত, কিন্তু বর্তমানে দেশলাই-শিল্পে কেবলমাত্র লোহিত ফস্‌ফরাসই ব্যবহৃত হয়।

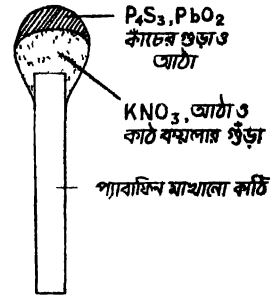
ফস্‌ফর্‌ ব্রোঞ্জ (Phosphor Bronze) নামক কপার ও টিনের ধাতু-সংকর প্রস্তুতির জন্য কিছু ফস্‌ফরাস ব্যবহৃত হয়। তা'ছাড়া ক্যাল্‌সিয়াম

হাইপো-ফস্‌ফাইট, ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ফস্‌ফরাসের প্রয়োজন হয়।

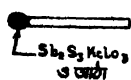
দেশলাই-শিল্প

ফস্‌ফরাসের প্রধান ব্যবহার দেশলাই-শিল্পে। প্রথম যুগে দেশলাই প্রস্তুতিতে শ্বেত ফস্‌ফরাস ব্যবহৃত হইত। কাঠির মাথাগুলি প্রথমে প্যারাফিন মোমে ডুবাইয়া লওয়া হইত। তারপর শ্বেত ফস্‌ফরাস, লেড্‌ ডাই-অক্সাইড (PbO_2), বা পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) এবং কাঁচের গুঁড়া, জল ও আঠার সাহায্যে আঠার ন্যায় মাখিয়া তাহাই অল্প অল্প করিয়া কাঠিগুলির মাথায় লাগাইয়া দেওয়া হইত। মাথাটি শুকাইলে তাহা কোনো রংয়ে ডুবাইয়া লওয়া হইত। এই দেশলাইকে যে-কোনো স্থানে ঘষিলেই জ্বলিয়া উঠিত।

কিন্তু শ্বেত ফস্‌ফরাসের বিষক্রিয়ার জন্য বর্তমানে দেশলাই-শিল্পে শ্বেত ফস্‌ফরাসের ব্যবহার পৃথিবীর প্রায় সমস্ত দেশেই নিষিদ্ধ হইয়াছে। আধুনিক যুগে নিম্নলিখিত দুইশ্রেণীর দেশলাই-এর প্রচলন দেখা যায়।

(১) লুসিফার ম্যাচ্‌ (Lucifer match) এবং (২) সেফ্‌টি ম্যাচ্‌ (Safety match)।

৬৭নং চিত্র—লুসিফার দেশলাই

১। লুসিফার ম্যাচ্‌ঃ এই দেশলাই-এর কাঠি যে-কোনো জায়গায় ঘষিলেই জ্বলিয়া উঠে; ইহার মাথায় সাধারণত দুইটি আস্তরণ থাকে। কাঠিটি প্রথমে প্যারাফিনে ডুবাইয়া তাহার মাথায় পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3), কাঠ-কয়লার গুঁড়া ও আঠার একটি প্রলেপ দেওয়া হয়। এই আস্তরণটি শুকাইলে তাহার উপর P_4S_3, PbO_2, কাচের গুঁড়া ও আঠার আর একটি প্রলেপ দেওয়া হয়।

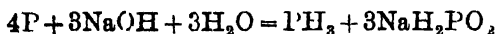
২। **সেফ্‌টি ম্যাচ্‌ঃ** ইহার কাঠির মাথায় কোনো ফস্‌ফরাস থাকে না, থাকে শুধু Sb_2S_3, $KClO_3$ ও আঠা। দেশলাই-এর বাক্সের গায়ে থাকে লোহিত ফস্‌ফরাস, আঠা ও কাচের গুঁড়া। কাঠির মাথাটি বাক্সের গায়ে ঘষিলে লোহিত ফস্‌ফরাস ও $KClO_3$-এর মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে যে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অগ্নিস্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হয় তাহা কাঠির মাথাটি প্রজ্বলিত করিয়া দেয়।

৬৮নং চিত্র—সেফ্‌টি ম্যাচ্‌

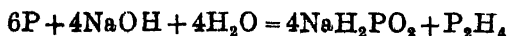
হাইড্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের যৌগ ঃ

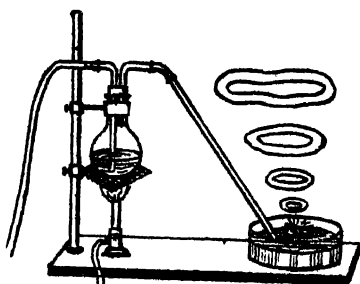
হাইড্রোজেনের সহিত ফস্‌ফরাসের যৌগগুলির মধ্যে ফস্‌ফিন (PH_3) সর্বাপেক্ষা উল্লেখযোগ্য। রসায়নাগারে ফস্‌ফিন (PH_3) প্রস্তুতকালে ইহার সহিত ফস্‌ফরাস ডাই-হাইড্রাইড (P_2H_4) নামক আরও একটি হাইড্রোজেন যৌগ অল্পবিস্তর মিশ্রিত থাকে।

*ফস্‌ফিন (PH_3)

প্রস্তুতি ঃ শ্বেত ফস্‌ফরাসকে গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণে ফুটাইয়া ল্যাবরেটরিতে সাধারণত ফস্‌ফিন প্রস্তুত করা হয়।

$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

এইভাবে প্রস্তুত করিলে ইহার সহিত কিছু ফস্‌ফরাস ডাই-হাইড্রাইডও উৎপন্ন হয়।

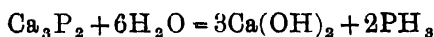
$$6P + 4NaOH + 4H_2O = 4NaH_2PO_2 + P_2H_4$$

P_2H_4 গ্যাসটি সাধারণ উষ্ণতাতেই অক্সিজেন বা বাতাসের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে বলিয়া ফস্‌ফিন প্রস্তুতকালে কোল-গ্যাস প্রবাহিত করিয়া পাত্রের মধ্য হইতে বায়ু অপসারণ করা হয়। একটি গোলকুপীতে শ্বেত

ফস্‌ফরাস গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ (শতকরা প্রায় 40 ভাগ) লইয়া তাহার মধ্য দিয়া কোল গ্যাস বুদ্‌বুদাকারে প্রবাহিত করা হয়, এবং কূপীটি তারজালির উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। জলপূর্ণ গ্যাস-দ্রোণীতে জলের নীচে রক্ষিত নির্গম-নলের মধ্য হইতে ফস্‌ফিন গ্যাস বাহির হইয়া বাতাসে আসিবামাত্র জ্বলিয়া উঠিয়া P_2O_5-এর গোল গোল ধূম-কুণ্ডলীর সৃষ্টি করে।

৬৯নং চিত্র—ফস্‌ফিন প্রস্তুতি

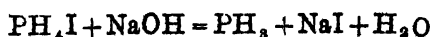
ফস্‌ফিন হইতে P_2H_4 অপসারিত করিলে ইহা আর নিজে হইতে জ্বলিয়া উঠিবে না। একটি U-নলকে বরফ ও লবণের মিশ্রণ দ্বারা ঠাণ্ডা করিয়া তাহার মধ্য দিয়া গ্যাসমিশ্রণটি প্রবাহিত করিলে P_2H_4 তরল অবস্থায় U-নলে থাকিয়া যাইবে। তখন জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে ফস্‌ফিন সংগ্রহ করা যাইবে।

ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফাইড (Ca_3P_2) প্রভৃতি ধাতব ফস্‌ফাইডের সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার দ্বারাও ফস্‌ফিন পাওয়া যায়। অবশ্য ইহাতেও প্রচুর P_2H_4 এবং H_2 মিশ্রিত থাকে।

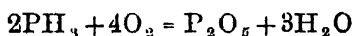
$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + P_2H_4 + H_2$$

জলা মাঠ, গোরস্থান প্রভৃতিতে অনেক সময় যে আলেয়ার আলো দেখা যায়, তাহা সম্ভবত জৈব পদার্থ পচনের দ্বারা সঞ্জাত ফস্‌ফিন ও ফস্‌ফরাস ডাই-হাইড্রাইডের জন্যই হইয়া থাকে।

ফস্‌ফরাসের অন্য হাইড্রাইড হইতে মুক্ত বিশুদ্ধ ফস্‌ফিন পাইতে হইলে কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত ফস্‌ফোনিয়াম আয়োডাইডকে উত্তপ্ত করিতে হয়।

$$PH_4I + NaOH = PH_3 + NaI + H_2O$$

ফস্‌ফিনের ধর্ম ঃ ফস্‌ফিন বর্ণহীন, দুর্গন্ধি ও বিষাক্ত গ্যাস। ইহার গন্ধ অনেকটা পচা মাছের মত। জলে ইহার দ্রাব্যতা অতি সামান্য এবং জলীয় দ্রবণের কোনো ক্ষারীয় গুণ দেখা যায় না।

বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা বাতাসের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে না, কিন্তু বাতাস বা অক্সিজেনে দগ্ধ হইয়া P_2O_5 ও জল উৎপন্ন করে।

$$2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$$

ফস্‌ফরাসের এই হাইড্রোজেন যৌগটির সহিত নাইট্রোজেন-গোষ্ঠীভুক্ত অ্যামোনিয়ার যথেষ্ট সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়।

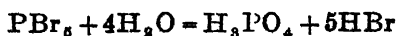
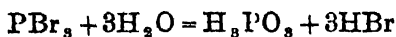
পরপৃষ্ঠায় অ্যামোনিয়া ও ফস্‌ফিনের গুণাবলীর একটি তুলনামূলক তালিকা দেওয়া হইল।

*ফস্‌ফরাসের হ্যালোজেন যৌগ ঃ

সমস্ত হ্যালোজেনই ফস্‌ফরাসের সহিত প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া ফস্‌ফরাস হ্যালাইড উৎপন্ন করে। ফস্‌ফরাসের দুই জারণাবস্থার জন্য $(+5$ ও $+3)$ PX_5 ও PX_3—এই দুইপ্রকার হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। কোন্ হ্যালাইড উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ভর করে ফস্‌ফবাস অথবা হ্যালোজেন কোন্‌টি অতিরিক্ত আছে, তাহার উপর। হ্যালোজেন অতিরিক্ত থাকিলে PX_5 এবং ফস্‌ফরাস অতিরিক্ত থাকিলে PX_3 উৎপন্ন হয়। **আয়োডিনের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র ট্রাই-আয়োডাইড** হয়, ফস্‌ফরাস পেণ্টা-আয়োডাইড অজ্ঞাত।

ফস্‌ফরাস ও ফ্লুওরাইড দুইটিই গ্যাসীয়, ট্রাই-ক্লোরাইড ও ট্রাই-ব্রোমাইড তরল এবং অন্যান্য সমস্ত হ্যালাইড-ই কঠিন। ফস্‌ফরাস হ্যালাইডগুলি অতি সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া থাকে।

$$PBr_3+3H_2O=H_3PO_3+3HBr$$

$$PBr_5+4H_2O=H_3PO_4+5HBr$$

অ্যামোনিয়া ও ফস্‌ফিনের তুলনা

অ্যামোনিয়া (NH_3)	ফস্‌ফিন (PH_3)
১। বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গ্যাস।	বর্ণহীন, পচামাছের ন্যায় দুর্গন্ধি গ্যাস।
২। জলে দ্রাব্যতা সমধিক এবং জলীয়-দ্রবণ ক্ষার-গুণযুক্ত।	জলে দ্রাব্যতা অতি সামান্য, জলীয় দ্রবণে ক্ষার বা অন্য কোনো গুণ দেখা যায় না।
৩। বিশেষভাবে ক্ষার-গুণযুক্ত এবং হ্যালোজেন অ্যাসিডের সহিত অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। $NH_3+HCl=NH_4Cl$	সামান্য ক্ষার-গুণ আছে এবং অ্যামোনিয়াম লবণের ন্যায় ফস্‌ফিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। $PH_3+HI=PH_4I$
৪। দহনের সহায়ক নয়, কিন্তু অতিরিক্ত অক্সিজেনের মধ্যে জ্বলিতে থাকে। $4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$	বাতাসে সহজেই জ্বলিতে থাকে। $2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$
৫। অতিরিক্ত উত্তাপ অথবা বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের প্রভাবে বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।	অ্যামোনিয়া অপেক্ষা আরও সহজে বিযোজিত হইয়া হাইড্রোজেন ও লোহিত ফস্‌ফরাসে পরিণত হয়।
৬। মৃদু বিজারণ-গুণ দেখা যায়; উত্তপ্ত CuO-কে বিজারিত করিয়া ধাতব কপারে পরিণত করে। $3CuO+2NH_3 \rightarrow 3Cu+N_2+3H_2O$	শক্তিশালী বিজারক। সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণে কালো সিল্‌ভার ধাতু এবং কপার সাল্‌ফেট দ্রবণে কপার ফস্‌ফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। $PH_3+6AgNO_3+3H_2O \rightarrow 6Ag+H_3PO_3+6HNO_3$ $3CuSO_4+2PH_3=Cu_3P_2+3H_2SO_4$
৭। অতিরিক্ত ক্লোরিনের সহিত নাইট্রোজেন ট্রাই ক্লোরাইড উৎপন্ন করে $NH_3+3Cl_2=NCl_3+3HCl$	ক্লোরিনে সহজেই জ্বলিয়া উঠে। $PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl$
৮। বিষাক্ত নহে।	বিষাক্ত গ্যাস।

ফস্‌ফরাসের অক্সিজেন যৌগ :

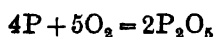
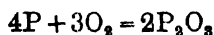
ফস্‌ফরাস অক্সাইডগুলির মধ্যে নিম্নলিখিত অক্সাইড দুইটিই উল্লেখযোগ্য।

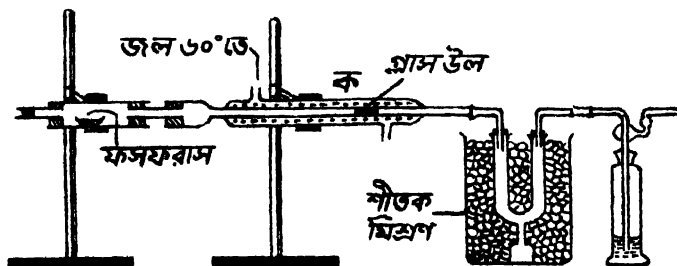
(১) ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড, P_2O_3

(২) ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড, P_2O_5.

ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3) : ফস্‌ফরাসকে স্বল্প বায়ুতে দগ্ধ করিলে উহা P_2O_3 ও P_2O_5 এর মিশ্রণে পরিণত হয়।

$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3$$

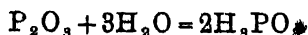
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইডকে পেণ্টক্সাইড হইতে মুক্ত করিতে হইলে নিম্নের চিত্রানুযায়ী ব্যবস্থা অবলম্বন করা উচিত।

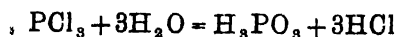
কাচের নলে রক্ষিত শ্বেত ফস্‌ফরাসকে শুষ্ক বায়ুপ্রবাহে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়া অক্সাইড মিশ্রণটি "ক"-চিহ্নিত নলের মধ্য দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। এই নলের বহিঃপ্রকোষ্ঠে ঈষদুষ্ণ (50°-60° সেঃ গ্রেঃ) জল

৭০নং চিত্র—P_2O_3 প্রস্তুতি

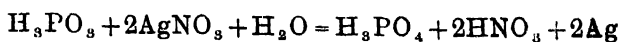
পরিচালিত করা হয়। এই উষ্ণতায় ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড কঠিন হইয়া গেলেও ট্রাই-অক্সাইড বাষ্পই থাকে। অতঃপর শীতল U-নলের নীচে রক্ষিত বোতলে ট্রাই-অক্সাইড সংগ্রহ করা হয়।

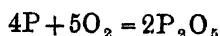
ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড শ্বেতবর্ণ নিয়তাকার কঠিন-পদার্থ, ইহার গন্ধ অনেকটা রসুনের মত। ইহার গলনাঙ্ক 24° সেঃ গ্রেঃ, এবং বাতাসে পুড়িয়া

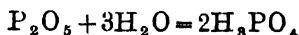
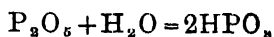
ইহা P_2O_5-এ পরিণত হয়। ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত হইয়া ইহা ফস্‌ফরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$$

ফস্‌ফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3)**:** ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইডকে শীতল জলে দ্রবীভূত করিয়া অথবা PCl_3র আর্দ্রবিশ্লেষণের দ্বারা H_3PO_3 প্রস্তুত করা হয়।

$$PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$$

ফস্‌ফরাস অ্যাসিড জলে দ্রবণীয় কঠিন পদার্থ। ইহার বিজারণ-গুণ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণে ইহা কালো সিল্‌ভার ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে।

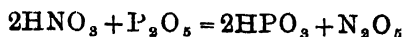
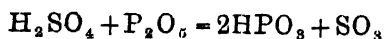
$$H_3PO_3+2AgNO_3+H_2O=H_3PO_4+2HNO_3+2Ag$$

ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5)**:** অতিরিক্ত বাতাসে ফস্‌ফরাস পুড়িয়া ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

P_2O_5 শ্বেতবর্ণ কঠিন পদার্থ। P_2O_3র ন্যায় ইহাও আম্লিক অক্সাইড, এবং ঠাণ্ডা জলে মেটা-ফস্‌ফরিক (HPO_3) ও উষ্ণ জলে অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$P_2O_5+H_2O=2HPO_3$$

$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

জলের প্রতি ইহার আকর্ষণ এত তীব্র যে অনেক যৌগিক পদার্থ হইতেও ইহা জল অপসারণ করে।

$$H_2SO_4+P_2O_5=2HPO_3+SO_3$$

$$2HNO_3+P_2O_5=2HPO_3+N_2O_5$$

এইরূপ উদগ্রাহীতার জন্য ইহা বিভিন্ন বস্তু শুষ্ক করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

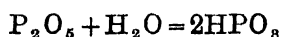
ফস্‌ফরিক অ্যাসিড

ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রতি অণুতে জলের মাত্রা অনুসারে তিন-প্রকার ফস্‌ফরিক অ্যাসিড দেখা যায়।

অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড H_3PO_4 (P_2O_5, $3H_2O$)
মেটা- „ „ HPO_3 (P_2O_5, H_2O)
পাইরো- „ „ $H_4P_2O_7$ (P_2O_5, $2H_2O$)

উপরোক্ত ফস্‌ফরিক অ্যাসিড তিনটিতেই ফস্‌ফরাসের জারণাবস্থা $+5$, এবং উহারা সকলেই ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডের উপর জলের ক্রিয়া হইতে উৎপন্ন। একই আম্লিক অক্সাইড এইরূপ বিভিন্ন অ্যাসিডের সৃষ্টি করিলে যে অ্যাসিডে অক্সাইড অণু-প্রতি জলের অণুর সংখ্যা সর্বাপেক্ষা অধিক, তাহাকে **অর্থো-অ্যাসিড** বলে, ও যাহাতে সর্বাপেক্ষা কম তাহাকে **মেটা-অ্যাসিড** বলে। ইহাদের অন্তর্বর্তী অ্যাসিড **পাইরো-অ্যাসিড** নামে অভিহিত হয়।

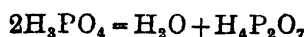
P_2O_5 যখন প্রথম ঠাণ্ডাজলে দ্রবীভূত হয়, তখন ইহাতে যে অ্যাসিড থাকে তাহার স্থূল আণবিক সংকেত দাঁড়ায় HPO_3।

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$$

ইহাই মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড।

এই দ্রবণ যদি ফেলিয়া রাখা যায়, অথবা সামান্য কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে ফুটানো হয়, তবে মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড আরও 1 অণু জল গ্রহণ করিয়া অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

$$HPO_3 + H_2O = H_3PO_4$$

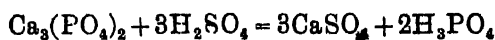
পক্ষান্তরে অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডকে (P_2O_5, $3H_2O$) যদি 255° সেন্টিগ্রেডে কিছুক্ষণ রাখা হয়, তবে ইহা কিছু জল ত্যাগ করিয়া পাইরো ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

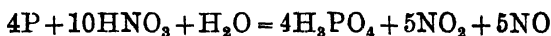
$$2H_3PO_4 = H_2O + H_4P_2O_7$$

অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) : P_2O_5-কে জলে ফুটাইলে H_3PO_4 অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

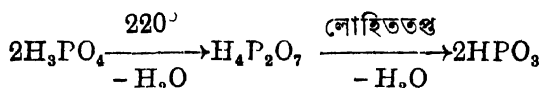
অস্থিচুর্ণের [$Ca_3(PO_4)_2$] সহিত গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া

অদ্রবণীয় $CaSO_4$ ছাঁকিয়া অবশিষ্ট তরল পদার্থকে সিরাপে পরিণত করিয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

লোহিত ফস্‌ফরাসকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফরাস জারিত হইয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO_2 + 5NO$$

ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের ধর্ম: বিশুদ্ধ ফস্‌ফরিক অ্যাসিড বর্ণহীন উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ, ইহার গলনাঙ্ক 42° সেঃ গ্রেঃ।

ফস্‌ফরিক অ্যাসিড মৃদু অ্যাসিড, এবং প্রচুর অক্সিজেন থাকা সত্ত্বেও ইহার বিশেষ জারণ-ক্ষমতা নাই। উত্তপ্ত করিলে ইহা প্রথমে পাইরো এবং পরে মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2H_3PO_4 \xrightarrow[-H_2O]{220^\circ} H_4P_2O_7 \xrightarrow[-H_2O]{\text{লোহিততপ্ত}} 2HPO_3$$

ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনযোগ্য তিনটি হাইড্রোজেন থাকায় ইহা হইতে তিনপ্রকার লবণ প্রস্তুত করা সম্ভব।

(১) NaH_2PO_4 (প্রাইমারী ফস্‌ফেট) — গুণ

সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট— সামান্য অম্লগুণ-যুক্ত।

(২) Na_2HPO_4 (সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেট)

ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট—প্রায় প্রশম (সামান্য ক্ষারীয়)।

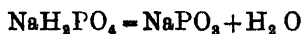
(৩) Na_3PO_4 (টারসিয়ারী ফস্‌ফেট)

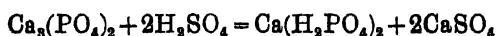
ট্রাই-সোডিয়াম ফস্‌ফেট— ক্ষারগুণ-যুক্ত।

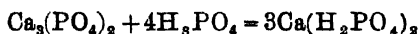
ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সহিত কোনো ধাতুর হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট উপযুক্ত পরিমাণে মিশ্রিত করিয়া এই সকল ফস্‌ফেট প্রস্তুত করা হয়। সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের সহিত মিশ্রিত করিয়া 'বেকিং পাউডার' প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়, এবং টারসিয়ারী সোডিয়াম ফস্‌ফেট (T. S. P.) সাবান প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

টারসিয়ারী ফস্‌ফেটকে উত্তপ্ত করিলে ইহার কোনো পরিবর্তন হয় না, কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগের ফলে প্রাইমারী ফস্‌ফেট মেটা-ফস্‌ফেটে এবং সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেট পাইরো-ফস্‌ফেটে রূপান্তরিত হয়।

$$NaH_2PO_4 = NaPO_3 + H_2O$$

$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O$$

উপযোগিতার দিক হইতে সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় ফস্‌ফেট বোধ হয় প্রাইমারী ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট [$Ca(H_2PO_4)_2$]। ইহাই **সুপার ফস্‌ফেট অব লাইম** নামে সাররূপে ব্যবহৃত হয়। খনিজ ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট বা আপাটাইট প্রভৃতিতে অথবা অস্থিচূর্ণে যে টারসিয়ারী ফস্‌ফেট থাকে তাহার দ্রাব্যতা এত কম যে উদ্ভিদের পক্ষে খাদ্যরূপে উহা গ্রহণ করা দুরূহ হইয়া পড়ে। সেইজন্য খনিজ ফস্‌ফেটকে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া প্রাইমারী ফস্‌ফেট ও ক্যাল্‌সিয়াম সাল্‌ফেটের মিশ্রণে পরিণত করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$$

সমগ্র জিনিসটি শুষ্ক করিয়া লইলে জিপ্‌সাম ($CaSO_4$, $2H_2O$) ও ক্যাল্‌সিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফস্‌ফেটের যে মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাই 'সুপার ফস্‌ফেট অব লাইম' নামে বিক্রীত হয়। কখনো কখনো খনিজ ফস্‌ফেটকে ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সহিতও মিশ্রিত করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3Ca(H_2PO_4)_2$$

ইহাতে যে সুপার ফস্‌ফেট পাওয়া যায় তাহাতে ফস্‌ফেটের পরিমাণ সাধারণ 'সুপার ফস্‌ফেট' অপেক্ষা অনেক বেশী বলিয়া ইহাকে **ট্রিপ্‌ল্ ফস্‌ফেট** বলা হয়।

ফস্‌ফেটের পরীক্ষা : ফস্‌ফরিক অ্যাসিড বা ফস্‌ফেটকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম মলিব্‌ডেট দ্রবণের সহিত ঈষৎ উত্তপ্ত (60° সেঃ গ্রেঃ) করিলে পীত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

ফস্‌ফরাস ও নাইট্রোজেন

ফস্‌ফরাসের রাসায়নিক প্রকৃতি আলোচনাকালে নাইট্রোজেনের সহিত

অনেক বিষয়ে ইহার সাদৃশ্য দৃষ্টিগোচর হয়। ইহারা উভয়েই ৫ম শ্রেণীভুক্ত এবং উভয়ের ইলেক্‌ট্রন সংগঠনে যথেষ্ট মিল আছে।

নাইট্রোজেন—2/5 ; পঃ ক্রঃ—7

ফস্‌ফরাস—2/8/5 ; পঃ ক্রঃ—15

উভয় ক্ষেত্রেই বাহ্যতম কক্ষে ৫টি ইলেক্‌ট্রন থাকায় ইহাদের যৌগ গঠনে 3 ও 5—এই দুইপ্রকার সমযোজী বন্ধনীর প্রাধান্য দেখা যায়।

নাইট্রোজেন—N_2O_5, NCl_3, NH_3

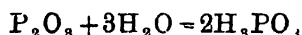
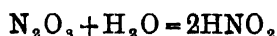
ফস্‌ফরাস—P_2O_5, PCl_3, PH_3 ইত্যাদি।

(১) ফস্‌ফরাস ও নাইট্রোজেন উভয়েই অধাতু, এবং ইহাদের অক্সাইড-গুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

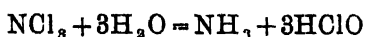
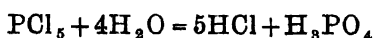
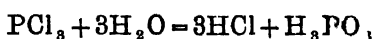
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$$

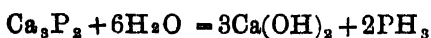
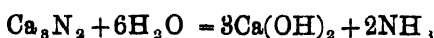
$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$$

(২) উভয়েই হ্যালোজেনের সহিত হ্যালাইড উৎপন্ন করে, এবং হ্যালাইডগুলি সহজেই জলে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়।

$$PCl_3 + 3H_2O = 3HCl + H_3PO_3$$

$$PCl_5 + 4H_2O = 5HCl + H_3PO_4$$

$$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HClO$$

(৩) কতকগুলি ধাতুর সহিত ইহাদের সংযুক্তির ফলে যে সকল যৌগ উৎপন্ন হয় তাহারা একইভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া থাকে।

$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

(৪) ইহাদের হাইড্রোজেন যৌগ অ্যামোনিয়া ও ফস্‌ফিনের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়।

বস্তুত নাইট্রোজেনের সহিত ফস্‌ফরাসের বহু বিষয়ে যথেষ্ট সাদৃশ্য

থাকিলেও পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সহিত ইহাদের ধর্মে একটি ক্রমবিকাশ লক্ষ্য করা যায়। নাইট্রোজেন অপেক্ষা ফস্‌ফরাসের অপরাবিদ্যুৎ-গ্রাহীতা কিছুটা কম। সেইজন্য +5 জারণাবস্থায় ইহার যৌগগুলির স্থায়িত্ব একই অবস্থাভুক্ত নাইট্রোজেন যৌগ অপেক্ষা বেশী। উদাহরণস্বরূপ নাইট্রিক অ্যাসিডের তীব্র জারকগুণের এবং ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে ঐরূপ গুণের অভাবের কথা উল্লেখ করা যাইতে পারে। এই একই কারণে PCl_5-এর ন্যায় কোনো NCl_5 দেখা যায় না।

কৃষিকার্যে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাস সার

পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে যে, নাইট্রোজেন এবং ফস্‌ফরাস উভয়েই উদ্ভিদের অতি প্রয়োজনীয় খাদ্য এবং তাহাদের বৃদ্ধির পক্ষে অত্যাবশ্যক।

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের পরই উদ্ভিদের খাদ্য হিসাবে পটাসিয়ামের স্থান। দেখা গিয়াছে যে উৎপাদনকালে 1 টন গম, জমি হইতে 47 পাঃ নাইট্রোজেন, 18 পাঃ ফস্‌ফরিক অ্যাসিড এবং প্রায় 12 পাঃ পটাসিয়াম গ্রহণ করিয়া থাকে।

বড় বড় নগরের যখন পত্তন হয় নাই, এবং পৃথিবীর লোকসংখ্যা যখন কম ছিল, তখন প্রাকৃতিক উপায়েই জমিতে প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের সরবরাহ হইত। প্রকৃতিতে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের আবর্তনচক্রের কথা আমরা পূর্বেই বলিয়াছি। কিন্তু আধুনিক যুগে ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার চাপে ক্রমাগত ফসল উৎপাদনের ফলে জমির উর্বরতা হ্রাস পাইয়াছে, এবং বড় বড় সহরের পয়ঃপ্রণালীর পথে প্রচুর নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের অপচয় ঘটায় প্রাকৃতিক উপায়ে জমিতে তাহাদের ক্ষতিপূরণ অসম্ভব হইয়া পড়িয়াছে। সেইজন্য নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাস-ঘটিত নানা-প্রকার কৃত্রিম সার দিয়া জমির উৎপাদন-শক্তি বৃদ্ধি করা হয়।

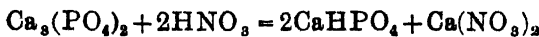
সাধারণত দ্রবণীয় নাইট্রেট ও ফস্‌ফেট হইতে উদ্ভিদেরা মাটি হইতে শিকড়ের সাহায্যে তাহাদের প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাস গ্রহণ করিয়া থাকে।

নিম্নে কয়েকটি নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাস-ঘটিত সারের নাম দেওয়া হইল—

নাইট্রোজেন সার	ফস্‌ফেট সার
1. $NaNO_3$	1. সুপার ফস্‌ফেট
2. $(NH_4)_2SO_4$	2. ট্রিপ্‌ল্‌ সুপার ফস্‌ফেট
3. NH_4NO_3	3. অস্থিচূর্ণ
4. $Ca(NO_3)_2$	
5. $Ca(CN)_2+C$ (নাইট্রো-লাইম)	
6. জীবজন্তুর মলমূত্র, ঝরা পাতা, খইল ইত্যাদি।	

অনেক সময় জমিতে নাইট্রোজেন-সারের আধিক্যহেতু গাছের দ্রুত বৃদ্ধি হয় কিন্তু ভাল ফসল হয় না। জমিতে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের অনুপাতের অসামঞ্জস্যের জন্যই এরূপ হয়। সেইজন্য কৃত্রিম নাইট্রোজেন-সারের সহিত ঠিক অনুপাতে সব সময়েই ফস্‌ফেট-সার দেওয়া কর্তব্য। কতকগুলি সার আছে যাহাদের মধ্যে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাস দুই-ই থাকে, ইহাদের মধ্যে নাইট্রেটেড সুপার ফস্‌ফেট ও অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফস্‌ফেট—এই দুইটিই প্রধান।

(১) **নাইট্রেটেড সুপার ফস্‌ফেট :** খনিজ ফস্‌ফেটে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে যে সেকেণ্ডারী ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট ও ক্যাল্‌সিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ পাওয়া যায়, তাহা সাধারণ সুপার ফস্‌ফেট অপেক্ষা অধিক কার্যকর, কারণ তাহাতে ফস্‌ফেট ও নাইট্রেট দুই-ই বর্তমান থাকে।

$$Ca_3(PO_4)_2+2HNO_3=2CaHPO_4+Ca(NO_3)_2$$

(২) **অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফস্‌ফেট :** সুপার ফস্‌ফেটকে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত করিয়া এই সার প্রস্তুত করা হয়।

কৃত্রিম সার অধিক পরিমাণে ব্যবহার করিলে অনেক সময় জৈব পদার্থের অভাবহেতু মাটির গঠনের গুরুতর পরিবর্তন হয় এবং তাহাতে জমির উর্বরতা

হ্রাস পায়। সেইজন্য কৃত্রিম সারের সহিত সর্বদা আবর্জনা, পচা গোবর, গাছের পাতা ইত্যাদি উপযুক্ত পরিমাণে দেওয়া কর্তব্য। তা'ছাড়া কৃত্রিম সার প্রয়োগে অনেক সময় জমি অম্লগুণ প্রাপ্ত হয়। অম্লগুণযুক্ত জমিতে ফসল ভাল হয় না। জমি অম্লগুণযুক্ত কি-না তাহা সহজেই পরীক্ষা করিয়া দেখা যায়।

পরীক্ষা : একটি বীকারে কিছু মাটি গুলিয়া থিতাইতে দাও। তৎপর, উপরের জলে একটি নীল লিট্‌মাস কাগজ ডুবাইয়া দেখ কাগজের রংয়ের কোনো পরিবর্তন হয় কিনা। জমি অম্লগুণযুক্ত হইলে নীল লিট্‌মাস লাল হইয়া যাইবে।

জমি অম্লগুণযুক্ত হইলে তাহাতে উপযুক্ত পরিমাণে চুনাপাথরের গুঁড়া ($CaCO_3$) দিয়া অম্লভাব দূর করা হয়।

ফসলের শত্রু—কীট

ফসল জন্মাইবার পর নানাপ্রকার কীটপতঙ্গ ফসলের প্রভূত ক্ষতিসাধন করে। এই সকল কীটপতঙ্গের হাত হইতে ফসলকে রক্ষা করিবার জন্য চাষী নানাপ্রকার কীট-নাশক ঔষধ ব্যবহার করিয়া থাকে। এই সমস্ত কীট-নাশক ঔষধগুলির মধ্যে বিষাক্ত আর্সেনিক থাকে। যেমন, আলুর পোকা নিবারণের জন্য ব্যবহৃত 'প্যারিসগ্রীন' কপার ও আর্সেনিকের একটি যৌগিক পদার্থ। লেবুজাতীয় গাছের নানাপ্রকার কীট ধ্বংস করিবার জন্য গাছে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের (HCN) (**অত্যন্ত বিষাক্ত!**) ধোঁয়া দেওয়া হয়।

ছত্রাকের আক্রমণ হইতে গাছকে বাঁচাইবার জন্য গাছে **বোর্দো মিশ্রণ** ছিটাইয়া দেওয়া হয়। কপার সালফেট ($CuSO_4$) ও কলিচুনের [$Ca(OH_2)$] দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া এই মিশ্রণটি প্রস্তুত করা হয়।

ইক্ষু চাষের পূর্বে ইক্ষুর টুকরাগুলি লঘু কপার সালফেট দ্রবণে ধুইয়া লইলে মারাত্মক 'লাল পোকা'র (Red rot) আক্রমণ হইতে গাছগুলিকে রক্ষা করা যায়। বর্তমানে ডি.ডি.টি. (D. D. T.—ডাই-ক্লোরো ডাই-ফিনাইল ট্রাই-ক্লোরো ইথেন), গামাক্সেন্ (বেন্‌জিন হেক্সা-ক্লোরাইড) প্রভৃতিও ফসলের কীট নিবারণের জন্য বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

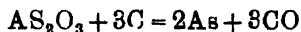
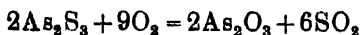
আর্সেনিক, As

[পারমাণবিক গুরুত্ব, 74·91 পরমাণু ক্রমাঙ্ক, 33]

শঙ্খবিষ বা শেঁকোবিষ নামে আর্সেনিক অক্সাইড (As_2O_3) আমাদের দেশে বহুকাল হইতে সুপরিচিত। হরিতাল (orpiment) নামে আর্সেনিক সাল্‌ফাইড (As_2S_3) কবিরাজগণ ঔষধে ব্যবহার করেন।

আর্সেনিক আকরিকের মধ্যে অর্পিমেণ্ট (orpiment, As_2S_3) বা হরিতাল, রিয়াল্‌গার (Realgar, AsS) এবং আর্সেনোপিরাইট (Arseno-pyrite, FeAsS) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। হরিতালকে বাতাসে উত্তপ্ত করিলে সে ভস্ম অবশিষ্ট থাকে, তাহা আর্সেনিক অক্সাইড (As_2O_3)। আর্সেনিক অক্সাইডের সহিত কার্বনচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে আর্সেনিক উর্ধ্বপাতিত হইয়া উপযুক্ত গ্রাহকে সঞ্চিত হয়।

$$2As_2S_3 + 9O_2 = 2As_2O_3 + 6SO_2$$

$$AS_2O_3 + 3C = 2As + 3CO$$

আর্সেনোপিরাইট উত্তপ্ত করিয়াও আর্সেনিক প্রস্তুত করা হয়।

$$FeAsS = FeS + As$$

ধর্ম : আর্সেনিক ও ফস্‌ফরাস একই গোষ্ঠীভুক্ত বলিয়া ইহাদের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। ফস্‌ফরাসের ন্যায় ইহার যৌগিকগুলির মধ্যেও +3 অথবা +5—এই দুই জারণাবস্থা দেখা যায়। নিম্নে ফস্‌ফরাস ও আর্সেনিকের কতকগুলি যৌগের নাম দেওয়া হইল।

ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড, P_2O_5	আর্সেনিক পেণ্টক্সাইড, As_2O_5
ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড, P_2O_3	আর্সেনিক ট্রাই-অক্সাইড, As_2O_3
ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4	আর্সেনিক অ্যাসিড, H_3AsO_4
ফস্‌ফরাস অ্যাসিড, H_3PO_3	আর্সেনিয়াস অ্যাসিড, H_3AsO_3
ফস্‌ফরাস পেণ্টাক্লোরাইড, PCl_5	আর্সেনিক পেণ্টাক্লোরাইড, $AsCl_5$
ফস্‌ফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড, PCl_3	আর্সেনিক ট্রাই-ক্লোরাইড, $AsCl_3$
ফস্‌ফিন, PH_3	আর্সিন্‌, AsH_3

ফস্‌ফরাসের ন্যায় আর্সেনিকের অক্সাইডগুলিও আম্লিক, এবং জলের সহিত উহারা আর্সেনিক, H_3AsO_4 ও আর্সেনিয়াস অ্যাসিড, H_3AsO_3 উৎপন্ন করে।

$$As_2O_5 + 3H_2O = 2H_3AsO_4$$
$$As_2O_3 + 3H_2O = 2H_3AsO_3$$

আর্সেনিয়াস অ্যাসিডের লবণকে **আর্সেনাইট** এবং আর্সেনিক অ্যাসিডের লবণকে **আর্সেনেট** বলে। কিউপ্রিক্‌ আর্সেনাইট ($CuHAsO_3$), কীট-নাশক ঔষধ রূপে (প্যারিস গ্রীন) ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম আর্সেনেট (Na_3AsO_4) জমির আগাছা ধ্বংস করিবার জন্য, এবং অন্যান্য আর্সেনেট (বিশেষ করিয়া ক্যাল্‌সিয়াম ও লেড্‌) কীট-নাশক ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ব্যবহার: বন্দুকের গুলী তৈয়ারীর জন্য সীসার সহিত সামান্য আর্সেনিক মিশ্রিত করা হয়।

Exercises

1. Write what you know about allotropy of phosphorus. How can red phosphorus be prepared from white phosphorus and vice versa ? What are the uses of phosphorus ? [ফস্‌ফরাসের বহুরূপতা সম্বন্ধে যাহা জান লেখ। শ্বেত ও লোহিত ফস্‌ফরাসের একটি হইতে অন্যটি কিরূপে প্রস্তুত করিবে ? ফস্‌ফরাসের ব্যবহার সম্বন্ধে কি জান ?]

2. Describe the preparation of phosphine from phosphorus, and compare the properties of phosphine with those of ammonia. [ফস্‌ফরাস হইতে ফস্‌ফিন প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ফস্‌ফিনের সহিত অ্যামোনিয়ার তুলনা কর।]

3. Starting from phosphorus how can you prepare (a) phosphoric acid (ortho) ; (b) phosphine (PH_3) ; (c) PCl_3 ; (d) P_2O_5 ?

4. Describe a process for the extraction of phosphorus.

দ্বাবিংশ অধ্যায়

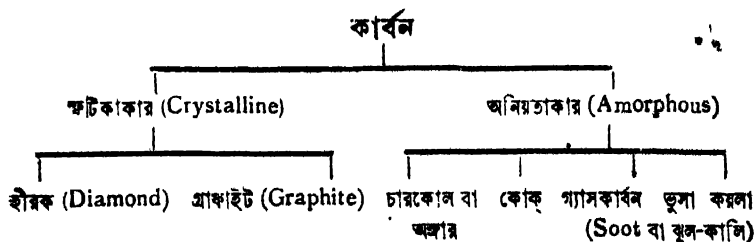
কার্বন (অঙ্গারক)

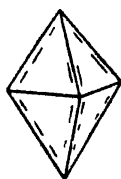
[চিহ্ন, C ; পারমাণবিক গুরুত্ব 12·01 ; পরমাণু ক্রমাঙ্ক 6]

যে সমস্ত পদার্থ দ্বারা মানবদেহ এবং অন্যান্য প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌দেহ গঠিত, তাহাদের অধিকাংশই কার্বন-যৌগ। কার্বনের ন্যায় এত অধিকসংখ্যক যৌগ আর কোনো মৌল গঠন করে না। সেইজন্য কার্বন ও তাহার যৌগসমূহের আলোচনাকে **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry) নামে রসায়নের একটি পৃথক শাখার অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে।

খনির মধ্যে মৌলাবস্থায় প্রচুর কার্বন পাওয়া যায়। **কয়লার** অধিকাংশই মৌলিক কার্বন। ইহা অপেক্ষা বিশুদ্ধতর কার্বন পাওয়া যায় **গ্রাফাইটে** (Graphite), যে গ্রাফাইট দ্বারা তোমাদের পেন্সিলের সীস তৈয়ারী হয়। প্রাকৃতিক কার্বনের বিশুদ্ধতম রূপ **হীরক** বা **ডায়মণ্ড** (Diamond)। শুনিলে আশ্চর্য বোধ হয় যে, হীরকের ন্যায় বহুমূল্য প্রস্তর কয়লারই স্বগোত্র ! উভয়েই কার্বনের **রূপভেদ** মাত্র।

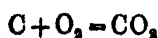
যৌগ অবস্থায় গাছপালা, জীবজন্তু প্রভৃতির দেহে, চক্, চুনাপাথর, মার্বেল প্রভৃতি প্রস্তরে, খনিজ পেট্রোলে ও বাতাসের CO_2 গ্যাসে প্রচুর কার্বন বিদ্যমান।

কার্বনের বহুরূপতা : সাল্‌ফার এবং ফস্‌ফরাসের ন্যায় মৌলিক কার্বনেরও নানা রূপ দেখা যায়। ইহাদের মধ্যে **হীরক** এবং **গ্রাফাইট**— এই দুইটি স্ফটিকাকার, অন্যগুলি অনিয়তাকার (amorphous)।

এক্স্-রশ্মি দ্বারা পরীক্ষা করিয়া জানা গিয়াছে যে, সমস্ত অনিয়তাকার কার্বন প্রকৃতপক্ষে অতি ক্ষুদ্র গ্রাফাইট স্ফটিক দ্বারা গঠিত। সুতরাং হীরক এবং গ্রাফাইট—এই দুইটিই কার্বনের প্রকৃত রূপভেদ (allotropic modifications) বলিয়া গ্রাহ্য, অন্যগুলি গ্রাফাইটের সহিত অভিন্ন।

হীরক (Diamond): দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল ও ভারতবর্ষে হীরকের খনি আছে। খনির মধ্যে ইহা 'অষ্টতলক' (octahedral) স্ফটিক রূপে থাকে। পরে ঔজ্জ্বল্য বৃদ্ধির জন্য ইহাকে কাটিয়া পালিশ করিয়া নূতন আকার দেওয়া হয়।

৭১নং চিত্র

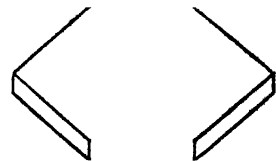
হীরকের ধর্ম: কার্বনের বিভিন্ন রূপের মধ্যে হীরক সর্বাপেক্ষা ভারী। ইহার ঘনত্ব 3·5। বস্তুসমূহের মধ্যে কঠিনতম (hardest) বলিয়া ইহা কাচ কাটা এবং পাথর পালিশ করিবার কাজে ব্যবহৃত হয়। ইহার 'প্রতিসরাঙ্ক'ও (refractive index) খুব উচ্চ। কাচের মধ্যে এক্স্-রশ্মির গতি ব্যাহত হয়, কিন্তু হীরকের মধ্যে অব্যাহত থাকে। সেইজন্য এক্স্-রশ্মির সাহায্যে আসল ও নকল হীরার মধ্যে পার্থক্য করা যায়। ইহা তাপ এবং বিদ্যুৎ পরিবহন করে না।

হীরক সহজে কোনো রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। অক্সিজেন গ্যাস বা বাতাসে অধিক উত্তপ্ত করিলে ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$C+O_2=CO_2$$

ব্যবহার ঃ উজ্জ্বল দ্যুতির জন্য হীরক রত্ন হিসাবে বিশেষ সমাদৃত। হীরকের জন্য পৃথিবীতে কত ষড়যন্ত্র, যুদ্ধ ও নরহত্যা হইয়াছে তাহার ইয়ত্তা নাই। কোহিনুরের নাম তোমরা সকলেই শুনিয়াছ। এই কোহিনুরের লোভে নাদির শাহ্ দিল্লী নগরীকে শ্মশানে পরিণত করিয়াছিলেন। কোহিনুর ব্যতীত পৃথিবীবিখ্যাত অন্যান্য হীরকের মধ্যে 'কালিনান' এবং 'হোপ' বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

কার্বনেডো (carbonado) নামে একপ্রকার কৃষ্ণবর্ণ, নিকৃষ্ট শ্রেণীর হীরক কাচ কাটা ও পালিশ করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

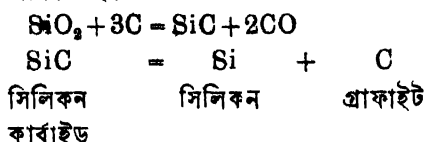
কৃত্রিম হীরক (artificial diamond) ঃ ১৮৯৩ খৃস্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক ময়সা কৃত্রিম উপায়ে অতি ক্ষুদ্র হীরকখণ্ড প্রস্তুত করেন। গলিত লোহে কার্বন সহজেই দ্রবীভূত হয়। এইরূপ গলিত লোহ গলিত সীসার মধ্যে ডুবাইয়া সহসা শীতল করিলে অতিরিক্ত চাপ ও উত্তাপে কার্বন ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকখণ্ডে পরিণত হয়। পরে লোহপিণ্ডটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উহা হইতে হীরক উদ্ধার করা হয়। এইভাবে প্রাপ্ত হীরক এত ক্ষুদ্র (0·5 মি. মি. ব্যাস) যে, রত্ন হিসাবে তাহার কোনো মূল্য নাই।

গ্রাফাইট ঃ সিংহল, চেকোস্লোভাকিয়া, সাইবেরিয়া, ব্যাভেরিয়া, আমেরিকা-যুক্তরাষ্ট্র প্রভৃতি দেশে গ্রাফাইটের খনি আছে। খনির মধ্যে ইহা ষট্-কোণী স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়। ইহার ঘনত্ব 2·5। কোমল ও পিচ্ছিল, এবং কাগজের উপর কালো দাগ কাটে বলিয়া ইহা পেন্সিলের সীস তৈয়ারীর জন্য ব্যবহৃত হয়। **ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী।**

৭২নং চিত্র—গ্রাফাইট-স্ফটিক

কৃত্রিম গ্রাফাইট ঃ বিদ্যুৎ-শক্তি সুলভ হইলে (যেমন, আমেরিকা-যুক্তরাষ্ট্রের নায়াগ্রা অঞ্চলে) কোক্ এবং সিলিকার মিশ্রণকে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া (প্রায় 3,000° সে. গ্রে. পর্যন্ত) গ্রাফাইটে পরিণত

করা হয়। সম্ভবত সিলিকা এবং কার্বনের বিক্রিয়ার ফলে প্রথমে সিলিকন কার্বাইড (SiC) হয়, পরে সিলিকন কার্বাইড বিযোজিত হইয়া সিলিকন ও গ্রাফাইটে পরিণত হয়।

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$$

$$\underset{\text{সিলিকন কার্বাইড}}{SiC} = \underset{\text{সিলিকন}}{Si} + \underset{\text{গ্রাফাইট}}{C}$$

গ্রাফাইটের ধর্ম: ইহা হীরক অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। বাতাসে উত্তপ্ত করিলে ইহা পুড়িয়া CO_2-এ পরিণত হয়। লঘু অ্যাসিড অথবা ক্ষারে ইহা অদ্রাব্য, কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ফুটাইলে ইহা হইতে গ্রাফিটিক অ্যাসিড (Graphitic acid) নামক একপ্রকার অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

ব্যবহার: লেড্-পেন্সিলের সীস, অতিরিক্ত তাপ-সহ খর্পর, **তড়িদ্-বিশ্লেষণের** জন্য **তড়িৎ-দ্বার** প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য প্রচুর গ্রাফাইট ব্যবহৃত হয়। যন্ত্রপাতি তৈলাক্ত করিবার (lubrication) জন্য তৈলের সহিত সূক্ষ্ম গ্রাফাইট-চূর্ণ মিশ্রিত করা হয়।

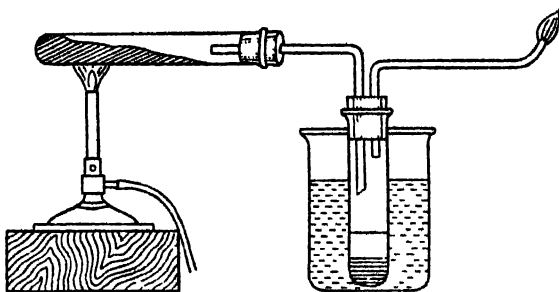
অনিয়তাকার কার্বন (Amorphous Carbon)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোক্, চারকোল, গ্যাস-কার্বন প্রভৃতি তথা-কথিত অনিয়তাকার কার্বন প্রকৃতপক্ষে গ্রাফাইট-স্ফটিক দ্বারাই গঠিত। তথাপি বিশেষ গঠনের জন্য ইহাদের মধ্যে কতকগুলি স্বতন্ত্র গুণ দেখা যায়।

কোক্ এবং কোল (Coke and Coal): ভূগর্ভে প্রোথিত উদ্ভিদ্‌দেহ প্রচণ্ড চাপ ও উত্তাপের ফলে ধীরে ধীরে কয়লায় পরিণত হয়। পরিবর্তনের স্তর অনুসারে নানা শ্রেণীর কয়লা পাওয়া যায়।

নাম	কার্বনের শতকরা হার
১। পীট্ (Peat)	60
২। লিগ্‌নাইট্ (Lignite)	78
৩। বিটুমিনাস্ (Bituminous)	83
৪। অ্যান্থ্রাসাইট্ (Anthracite)	90

অ্যান্থ্রাসাইটই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ কয়লা। কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন (Destructive distillation) করিলে যে শক্ত কালো পদার্থ অবশিষ্ট থাকে তাহাকে **কোক্ (Coke)** বলে।

পরীক্ষা: একটি শক্ত কাচের পরীক্ষা-নলে কিছুটা গুঁড়াকয়লা লইয়া উত্তপ্ত কর। এই পরীক্ষা-নলের সহিত সংযুক্ত একটি বক্র নির্গম-নলকে শীতলজল-পূর্ণ বীকারে নিমজ্জিত আরেকটি পরীক্ষা-নলের মধ্যে

৭৩নং চিত্র—কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন

প্রবেশ করানো হয়। এই দ্বিতীয় পরীক্ষা-নলের সহিত একটি সূক্ষ্মাগ্র কাচনল সংযুক্ত থাকে। কয়লাকে কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিলে দেখিবে, ইহা হইতে চারিপ্রকার পদার্থ উৎপন্ন হইবে।

(১) উত্তপ্ত নলে কৃষ্ণবর্ণ কঠিন পদার্থ—**কোক্**।

দ্বিতীয় নলে ঘনীভূত তরল পদার্থের দুইটি স্তরের,

(২) নিম্নস্তরটি—**আলকাতরা**;

(৩) উপরিস্তর—জলবৎ তরল পদার্থ—**অ্যামোনিয়া-জল** (Ammoniacal liquor) নামে পরিচিত।

(৪) সূক্ষ্মাগ্রনল হইতে বাহির হয় একপ্রকার **গ্যাস**। নলের মুখে জ্বলন্ত দেশলাইয়ের কাঠি ধরিলে গ্যাসটি জ্বলিতে থাকে।

কোকের ব্যবহার: বিনা ধূমে জ্বলিয়া প্রচুর তাপ উৎপাদন করে বলিয়া কোক্ জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

গ্যাস-কার্বন (Gas Carbon) : অন্তর্ধূম-পাতন দ্বারা কয়লা হইতে কোল গ্যাস (Coal gas) প্রস্তুতির সময় পাতন-চোঙার ভিতরের গায়ে যে কৃষ্ণবর্ণ কঠিন পদার্থ সঞ্চিত হয়, তাহাই গ্যাস-কার্বন। উত্তম বিদ্যুৎ-পরিবাহী বলিয়া ইহা তড়িৎ-দ্বার প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।

ভুসা কয়লা (Lamp black) : অপ্রচুর বায়ুতে কোনো কার্বন-যৌগ পুড়িলে তাহা হইতে যে কৃষ্ণধূম নির্গত হয়, তাহাতে সূক্ষ্ম কার্বন-চূর্ণ থাকে। চটবস্ত্র বা দেওয়ালের গায়ে লাগিয়া উহা ভুসা কয়লা বা 'ঝুল' (Soot) উৎপন্ন করে।

জুতার কালি, ছাপার কালি প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য এবং সাধারণভাবে কালো রঞ্জক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

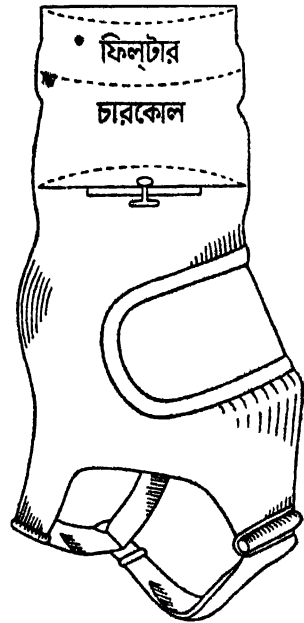
উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার বা কাঠকয়লা (Wood Charcoal) : অপ্রচুর বায়ুতে কাঠ পোড়াইলে কালো কাঠকয়লা বা অঙ্গার পড়িয়া থাকে। এইরূপে কাঠকয়লা প্রস্তুত করিলে কাঠের মধ্যস্থিত অনেক মূল্যবান উদ্বায়ী পদার্থের অপচয় হয় বলিয়া অনেক সময় লৌহনির্মিত পাতন-চোঙায় কাঠের অন্তর্ধূম-পাতন দ্বারা কাঠকলয়া প্রস্তুত করা হয়।

কাঠকয়লার ধর্ম : কাঠকয়লা কৃষ্ণবর্ণ কঠিন পদার্থ। ইহার ঘনত্ব 1·5; অর্থাৎ ইহা জল অপেক্ষা ভারী। কিন্তু জলে কাঠকয়লার একটি টুকরা ফেলিয়া দিলে তাহা ভাসিতে থাকে। তাহার কারণ কাঠকয়লা অসংখ্য সূক্ষ্ম ছিদ্রযুক্ত। এই সকল ছিদ্র বায়ুপূর্ণ থাকায় কাঠকয়লা জলে ভাসিতে থাকে। নিম্নলিখিত পরীক্ষাটি করিলে কাঠকয়লা যে জল অপেক্ষা ভারী, তাহা বুঝিতে পারিবে।

পরীক্ষা : এক টুকরা কাঠকয়লাকে লোহিত-তপ্ত করিয়া জলে ডুবাইয়া চিমটার সাহায্যে জলের নীচে ধরিয়া রাখা হয়। ইহার ফলে ছিদ্রগুলি সমস্ত জলপূর্ণ হইয়া যায় বলিয়া পরে ছাড়িয়া দিলেও ইহা আর ভাসিয়া উঠে না।

অন্যান্য ধর্মের মধ্যে কাঠকয়লার **গ্যাস-শোষণ-ক্ষমতাই** সর্বাপেক্ষা উল্লেখযোগ্য। এই গ্যাস-শোষণ-ক্ষমতার জন্য ইহা গ্যাস-মুখোস নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। পেটের মধ্যে সঞ্চিত 'বায়ু' দূর করার জন্য ঔষধ হিসাবে 'অঙ্গার বটিকা' ব্যবহৃত হয়।

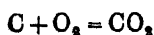
৭৪নং চিত্র—গ্যাস মুখোস

প্রাণীজ অঙ্গার (Animal Charcoal): জীবজন্তুর হাড়ের অন্তর্ধূম-পাতন করিলে হাড়গুলি কালো অঙ্গারে পরিণত হয়। ইহাকে **প্রাণীজ অঙ্গার** বলে। ইহা বিশুদ্ধ কার্বন নহে; ইহার মধ্যে কিছু ক্যাল্সিয়াম ফস্ফেট [$Ca_3(PO_4)_2$] থাকে। প্রাণীজ অঙ্গারের যথেষ্ট শোষক গুণ দেখা যায়। বিশেষ করিয়া রঙীন দ্রবণ হইতে রং শোষণ করিয়া দ্রবণটি বর্ণহীন করে বলিয়া শর্করা-শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহার সাহায্যে অশোধিত চিনির দ্রবণ হইতে লালচে রং দূর করিয়া সাদা চিনি প্রস্তুত করা হয়।

পরীক্ষা: ম্যাজেন্টা রংয়ের অথবা লিটমাসের লঘু দ্রবণকে অঙ্গার-চূর্ণের সহিত ফুটাইয়া ছাঁকিয়া লইলে যে পরিস্রুৎ পাওয়া যায়, তাহা প্রায় বর্ণহীন হয়।

কার্বনের ধর্ম: বিভিন্ন প্রকার কার্বনের ভৌত ধর্মের বিবরণ পূর্বে দেওয়া হইয়াছে। কার্বন হইতে লক্ষ লক্ষ যৌগ গঠিত হইলেও কার্বনের নিজের রাসায়নিক সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত কম। **ক্ষার-দ্রবণ** এবং অধিকাংশ **অ্যাসিডেই** ইহা অপরিবর্তিত থাকে।

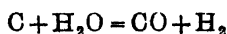
সকল প্রকার কার্বনই **বাতাসে** উত্তপ্ত করিলে জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। ইহাদের মধ্যে হীরক 850°, গ্রাফাইট 650°

এবং অনিয়তাকার কার্বন 500° সে. গ্রে. পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে জ্বলিতে থাকে।

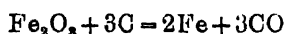
$$C + O_2 = CO_2$$

সাল্‌ফারের সহিতও ইহা প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হয়। লোহিত-তপ্ত কোক্‌-এর উপর দিয়া সাল্‌ফার-বাষ্প প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড (CS_2) উৎপন্ন হয়।

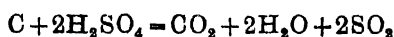
$$C + S_2 = CS_2$$

কার্বনের অন্যান্য গুণের মধ্যে ইহার বিজারণ-ক্ষমতা বিশেষ উল্লেখ-যোগ্য। উত্তপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড (CO) ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

কার্বনের সহিত উত্তপ্ত করিলে বহু ধাতব অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।

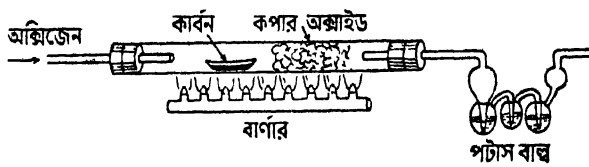
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

$$ZnO + C = Zn + CO$$

গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া SO_2-এ পরিণত হয়।

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2H_2O + 2SO_2$$

কার্বনের রূপভেদগুলি সকলেই কার্বন

গ্রাফাইট, হীরক, অঙ্গার প্রভৃতি সকলেই অক্সিজেনে পুড়িয়া CO_2 উৎপন্ন করে এবং সমপরিমাণ ওজন লইলে উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণও সমান হইয়া থাকে। ইহা হইতে বোঝা যায় যে ইহারা সকলেই কার্বনের রূপভেদ মাত্র।

পরীক্ষা ঃ একটি ক্ষুদ্র পর্সেলীন নৌকায় কোনো একপ্রকার কার্বন (ধর, গ্রাফাইট) লইয়া নৌকাটির ওজন লওয়া হয়। অতঃপর নৌকাটি 'দাহ-নল'-এর (combustion tube) মধ্যে রাখা হয়। দাহ-নলের অপর প্রান্ত কপার অক্সাইডের (CuO) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দানা দ্বারা পূর্ণ থাকে।

এখন উত্তপ্ত কার্বনের উপর অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হইবে। যদি কিছু CO হইয়া থাকে তাহাও উত্তপ্ত কপার অক্সাইড (CuO) দ্বারা CO_2-এ জারিত হইবে। উৎপন্ন CO_2 দাহ-নলের প্রান্ত-সংলগ্ন কস্টিক-পটাস বাল্‌বে শোষিত হয়।

৭৫নং চিত্র—কার্বনের রূপভেদগুলি সকলেই কার্বন

পরীক্ষার পর পর্সেলীন নৌকার ওজন হ্রাস হইতে জারিত কার্বনের পরিমাণ এবং পটাস বাল্‌বের ওজন বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন CO_2-এর ওজন পাওয়া যায়।

পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে কার্বনের যে রূপভেদই লওয়া হউক, **1 গ্রাম্ কার্বন হইতে সর্বদাই 3·67 গ্রাম্ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।**

কার্বনের অক্সিজেন যৌগ

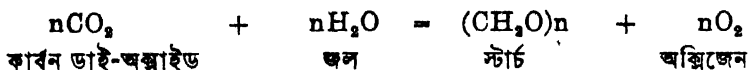
কার্বন মনোক্সাইড (CO) এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) নামক কার্বনের দুইটি গ্যাসীয় অক্সাইড আছে।

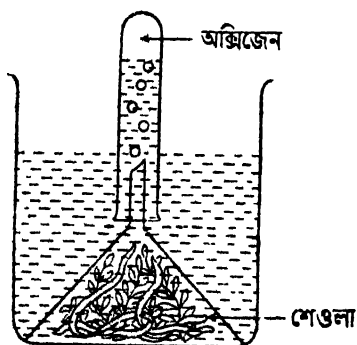
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)ঃ বায়ুমণ্ডলীর আয়তনের শতকরা প্রায় 0·04 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড। ঝরনা ও প্রস্রবণের জলে অনেক সময় CO_2 দ্রবীভূত থাকে। কাঠ, কয়লা, পেট্রোল এবং অন্যান্য নানা কার্বন-যৌগ দহনের ফলে প্রতিনিয়ত প্রচুর CO_2 উৎপন্ন হয়। জৈব পদার্থের পচন ও জীবজন্তুর শ্বাস-প্রশ্বাসের দ্বারাও বায়ুমণ্ডলীতে CO_2-এর মাত্রা বৃদ্ধি পায়।

এইরূপ চলিতে থাকিলে অবশ্যই কিছুকাল পরে সমস্ত বায়ুমণ্ডলী CO_2 গ্যাসে পূর্ণ হওয়ার ফলে পৃথিবী জীব-বাসের অযোগ্য হইয়া পড়িত।

কিন্তু সৌভাগ্যক্রমে CO_2 উদ্ভিদের খাদ্য হওয়ায় উহারা বায়ু হইতে উক্ত গ্যাস শোষণ করিয়া ইহার মাত্রাধিক্য ঘটিতে দেয় না। উদ্ভিদেরা বায়ু হইতে CO_2 ও জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া সূর্যালোকে **সবুজ মিহি কণার** (Chlorophyll) সাহায্যে শর্করাজাতীয় খাদ্য বা স্টার্চ প্রস্তুত করে। ঐই সময় উহারা CO_2-এর কার্বন লইয়া অক্সিজেন ছাড়িয়া দেয়।

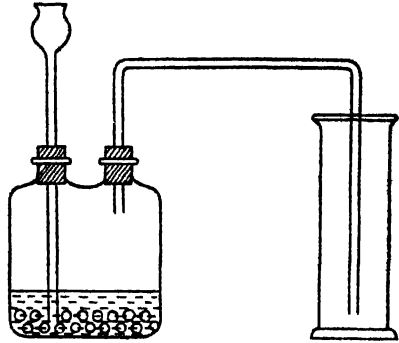
$$nCO_2 + nH_2O = (CH_2O)n + nO_2$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড জল স্টার্চ অক্সিজেন

এইরূপে প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌জগৎ পরস্পরের যুগ্ম প্রচেষ্টায় বায়ুর উপাদানের হার স্থির রাখে।

পরীক্ষা: একটি জলপূর্ণ বীকারে কিছু পাটা-শেওলা বা ঐ জাতীয় কোনো উদ্ভিদ্ রাখিয়া তাহার উপর একটি ফানেল চাপা দিয়া ফানেলের প্রান্তে একটি জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল উপুড় করিয়া দেওয়া হয়। বীকারটি কিছুক্ষণ **সূর্যালোকে** রাখিলে শেওলা হইতে বুদ্‌বুদাকারে গ্যাস উঠিয়া পরীক্ষা-নলের মধ্যে সঞ্চিত হইতে থাকে। গ্যাসটির মধ্যে নিবন্ত-প্রায় একটি পাটকাঠি প্রবিষ্ট করাইলে পাটকাঠিটি পুনরায় জ্বলিয়া উঠে। ইহা হইতে বোঝা যায়, উদ্ভিদ্ হইতে নির্গত গ্যাসটি **অক্সিজেন**।

৭৩নং চিত্র—উদ্ভিদ্ কর্তৃক অক্সিজেন ত্যাগ

কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি: ধাতব কার্বনেটের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে CO_2 উৎপন্ন হয়। ল্যাবরেটরিতে সাধারণত মার্বেলের ($CaCO_3$) উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

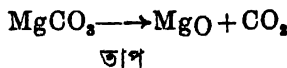
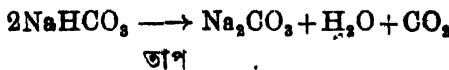
থিসিল-ফানেল ও নির্গম-নল-যুক্ত একটি উল্‌ফ বোতলে মার্বেলের ছোট ছোট টুকরা লইয়া থিসিল-ফানেলের সাহায্যে বোতলের মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। উৎপন্ন CO_2 গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহিরে আসিলে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাস সঞ্চয় করা হয়। জলের অপসারণ দ্বারাও CO_2 সঞ্চয় করা যায়। কিন্তু ইহাতে প্রথমে কিছু গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইবে। ল্যাবরেটরিতে ইচ্ছামত CO_2 পাইতে হইলে কিপ্‌-যন্ত্র (Kipp's Apparatus) ব্যবহার করিতে হয়। কিপ্‌যন্ত্রের মধ্য-গোলকে মার্বেলের টুকরা এবং উপরের গোলকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লওয়া হয়।

৭৭নং চিত্র—কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

এই প্রক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে মার্বেলের উপব **অদ্রবণীয় ক্যাল্‌সিয়াম সাল্‌ফেটের** ($CaSO_4$) আবরণ পড়ায় কিছুক্ষণ পরেই রাসায়নিক ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। সেইজন্য সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা উচিত নয়।

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ব্যতীত অন্য সমস্ত ধাতব কার্বনেটই উত্তপ্ত করিলে CO_2 ত্যাগ করে।

$$MgCO_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{} MgO + CO_2$$

সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে CO_2 দেয়।

$$2NaHCO_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

শিল্প-পদ্ধতি ঃ চুন-ভাটিতে চুনাপাথর ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করিয়া চুন (CaO) প্রস্তুতকালে অতিরিক্ত উৎপন্নদ্রব্য হিসাবে CO_2 পাওয়া যায়। সুরা প্রস্তুতকালে সুরাসারের (Yeast) প্রভাবে চিনির রস গাঁজিয়া সুরা (alcohol) এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

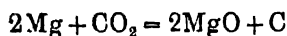
ধর্ম ঃ কার্বন ডাই অক্সাইড (CO_2) বাতাস অপেক্ষা ভারী, বর্ণহীন গ্যাস। ইহার ঘনত্ব 22। ইহার সামান্য অম্ল স্বাদ ও গন্ধ আছে। জলে ইহা কিছুটা দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণটি মৃদু অ্যাসিডগুণযুক্ত। চাপবৃদ্ধির সহিত ইহার জলে দ্রাব্যতাও বৃদ্ধি পায়। তোমরা যে সোডা বা লিমনেড পান কর, তাহাতে উচ্চচাপে CO_2-এর জলীয় দ্রবণে কিছু চিনি, রং এবং মিষ্ট গন্ধ দেওয়া থাকে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না।

পরীক্ষা ঃ CO_2পূর্ণ একটি জারের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবিষ্ট করাও। পাটকাঠিটি নিভিয়া যায় এবং গ্যাসও জ্বলে না।

CO_2 জ্বলন্ত ম্যাগ্‌নেসিয়াম তারের দহনে সহায়তা করে।

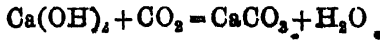
পরীক্ষা ঃ একটি চিমটার সাহায্যে CO_2-জারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত Mg-তার প্রবেশ করাইয়া দিলে তারটি জ্বলিতে থাকিবে এবং জারের গায়ে স্থানে স্থানে কার্বনের কালো দাগ পড়িতে দেখা যাইবে। ম্যাগ্‌নেসিয়াম পুড়িয়া ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়।

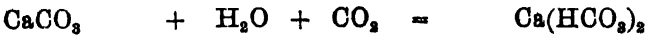
$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$

CO_2-এ যে কার্বন এবং অক্সিজেন আছে, এই পরীক্ষায় তাহা বোঝা যায়।

চুনজলের [$Ca(OH)_2$] সহিত CO_2-এর ক্রিয়া

পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষা-নলে পরিষ্কার চুনজল লইয়া তাহার মধ্যে CO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে দেখিবে চুনজল ঘোলা হইয়া গেল। চুন-জলে দ্রবীভূত $Ca(OH)_2$-এর সহিত CO_2-এর রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে

উৎপন্ন অদ্রবণীয় ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেটের ($CaCO_3$) ভাসমান ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকার জন্যই জলটি ঘোলা দেখায়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

আরও কিছুক্ষণ প্রবাহিত করিলে দেখিবে ঘোলাটে ভাব কাটিয়া দ্রবণটি পুনরায় পরিষ্কার হইয়াছে। অতিরিক্ত CO_2 দ্বারা অদ্রবণীয় ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) দ্রবণীয় ক্যাল্‌সিয়াম বাই-কার্বনেটে [$Ca(HCO_3)_2$] পরিণত হওয়ার জন্যই এই পরিবর্তন দেখা যায়।

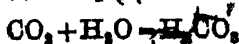
$$\underset{\text{ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3} + H_2O + CO_2 = \underset{\text{ক্যাল্‌সিয়াম বাই-কার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2}$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড বাতাস অপেক্ষা ভারী:

পরীক্ষা: বায়ুপূর্ণ একটি গ্যাস-জারের মধ্যে প্রজ্বালনী-চামচে করিয়া একটি জলন্ত মোমবাতি নামাইয়া দেওয়া হয়। উপর হইতে একটি CO_2পূর্ণ জার প্রথম জারের মুখে উপুড় করিয়া দিলে দেখিবে ভারী CO_2 গ্যাস নীচে গিয়া মোমবাতিটি নিভাইয়া দিল।

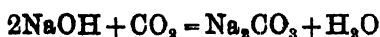
৭৮নং চিত্র—CO_2 ঢালা

জলে CO_2-এর দ্রাব্যতা:

পরীক্ষা: CO_2পূর্ণ একটি পরীক্ষা-নল জলের উপর উপুড় করিলে দেখিবে, নলের মধ্যে কিছুটা জল উঠিয়া গেল। বৃদ্ধাঙ্গুলী দ্বারা নলের মুখ চাপিয়া ধরিয়া জল হইতে বাহিরে আন এবং উহাতে কয়েক ফোঁটা নীল লিট্‌মাস দ্রবণ দিয়া ঝাঁকাইয়া দাও। নীল লিট্‌মাস ঈষৎ লাল হয়, কারণ জলে দ্রবীভূত হইয়া CO_2 মৃদু কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

ক্ষারদ্রবণে CO_2-এর দ্রাব্যতা

পরীক্ষা : পূর্বপৃষ্ঠার পরীক্ষায় জলের বদলে কস্টিক-সোডা-দ্রবণ লইলে দেখিবে, দ্রবণটি অনতিবিলম্বেই দ্রুত উঠিয়া পরীক্ষা-নলটি পূর্ণ করিয়া ফেলে। আম্লিক CO_2-এর সহিত ক্ষারদ্রবণের বিক্রিয়া দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি

সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইডের (SO_2) আয়তন-সংযুতির জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রের অনুরূপ একটি গ্যাস-মান যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয় করা হয়। চিত্রানুরূপ যন্ত্রের গোলক-মধ্যস্থ ছোট চামচে কিছু কার্বন-চুর্ণ লওয়া হয়। যন্ত্রের এই অংশটি অক্সিজেন গ্যাসে পূর্ণ থাকে। কার্বন-চুর্ণ স্পর্শ করিয়া থাকে একটি সরু প্লাটিনাম-তার। এই তারের মধ্যদিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে তারটি লোহিত-তপ্ত হইয়া কার্বন-চূর্ণে অগ্নিসংযোগ করে। ফলে কার্বন পুড়িয়া CO_2-এ পরিণত হয়। পরীক্ষার পর যন্ত্রটি শীতল করিয়া সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় যন্ত্রমধ্যস্থ গ্যাসের আয়তন স্থির করা হয়।

এই পরীক্ষায় দেখা যায় যে, অক্সিজেনের কিছুটা অংশ CO_2-এ রূপান্তরিত হওয়া সত্ত্বেও পরীক্ষার পূর্বে এবং পরে গ্যাসায়তনের কোনো তারতম্য ঘটে না।

ইহাতে বোঝা যায় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে সমায়তন অক্সিজেন থাকে। অর্থাৎ, 1 ঘনায়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে 1 ঘনায়তন অক্সিজেন থাকে।

সুতরাং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে,

1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 অণু অক্সিজেন থাকে।

অতএব „ „ „ „ 2 পরমাণু „ „

সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত C_xO_2

কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22, অতএব ইহার আণবিক গুরুত্ব 44। তাহার মধ্যে অক্সিজেন আছে $2 \times 16 = 32$ ভাগ

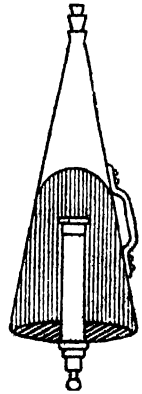
অতএব কার্বন আছে $44 - 32 = 12$ ভাগ।

কিন্তু কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব 12। অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা $12 \div 12$ অর্থাৎ 1।

সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত CO_2।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার

সোডাওয়াটার, লিমনেড প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য এবং অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে CO_2 গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

সাধারণ অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মধ্যে লঘু সালফিউরিক-অ্যাসিড-পূর্ণ একটি কাচনল থাকে। যন্ত্রের নীচে হাতলে জোরে আঘাত করিলে কাচনল ভাঙিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিলিয়া যায়। ইহাদের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন CO_2 উপরের ছিদ্রমুখ দিয়া সজোরে বাহির হইতে থাকে।

৭৯নং চিত্র—অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র

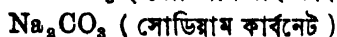
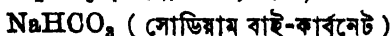
শীতল অবস্থায় CO_2 গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে ইহা প্রথমত তরল ও পরে কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। বরফের ন্যায় সাদা, কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে **শুষ্ক বরফ (Dry ice)** বলে। ইহা হিমায়ক (refrigerant) রূপে ব্যবহৃত হয়।

কার্বনিক অ্যাসিড, (H_2CO_3) ও কার্বনেট

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি, CO_2-এর জলীয় দ্রবণ মৃদু অ্যাসিড-গুণ-যুক্ত। ইহা নীল লিট্‌মাস ঈষৎ লাল করে। দ্রবণে CO_2 জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H_2O + CO_2 = H_2CO_3$$

কার্বনিক অ্যাসিড কখনো বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু ধাতব কার্বনেটসমূহ আমাদের সুপরিচিত। দ্বি-ক্ষারিক কার্বনিক অ্যাসিড হইতে প্রশম ও আম্লিক—এই দুই শ্রেণীর লবণ পাওয়া যায়।

H_2CO_3 (কার্বনিক অ্যাসিড)
$NaHCO_3$ (সোডিয়াম বাই-কার্বনেট)
Na_2CO_3 (সোডিয়াম কার্বনেট)

কাপড় কাচিবার **সোডা** (washing soda) সোদক সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3, $10H_2O$)। **বেকিং পাউডারের** মধ্যে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ($NaHCO_3$) থাকে।

চুনাপাথর, মার্বেল, চক্‌ প্রভৃতি **ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেটেরই** ($CaCO_3$) বিভিন্ন রূপ।

CO_2-এর পরীক্ষা : (১) CO_2পূর্ণ জারে জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরিলে কাঠি নিভিয়া যায়। (২) জারের মধ্যে পরিষ্কার চুনজল দিয়া ঝাঁকাইয়া দিলে চুনজল ঘোলা হইয়া যায়।

কার্বন মনোক্সাইড, CO

কয়লা, কাঠ প্রভৃতি পোড়ানোর সময় তাহাদের উপর যে ঈষৎ নীল শিখা দেখা যায়, বাতাসে কার্বন মনোক্সাইড দহনের ফলেই উহা উৎপন্ন হয়। অপ্রচুর বাতাসে কার্বন পুড়িলে এই গ্যাস উৎপন্ন হয়।

কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরিতে **অক্সালিক অ্যাসিডের** (oxalic acid) উপর গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা এই গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। গাঢ় **সাল্‌ফিউরিক** অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড হইতে জল বিশ্লিষ্ট করিয়া উহাকে CO_2 এবং CO-এ পরিণত করে।

$$H_2C_2O_4 - H_2O = CO + CO_2$$

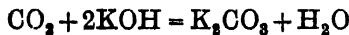
(অক্সালিক অ্যাসিড) H_2SO_4 কর্তৃক বিশ্লিষ্ট জল

থিসিল-ফানেল ও নির্গম-নল-সংযুক্ত একটি গোলকূপীতে অক্সালিক অ্যাসিডের দানা লইয়া থিসিল-ফানেলের সাহায্যে কূপীর মধ্যে গাঢ়

সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয় ও কূপীটি ঈষৎ উত্তপ্ত করা হয়।" বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড ও ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণটি কস্টিক পটাস দ্রবণপূর্ণ একটি গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া জলের অপসারণ

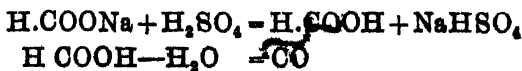
৮০নং চিত্র—কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

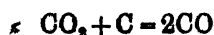
দ্বারা গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। কস্টিক পটাস দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় CO_2 কস্টিক পটাস কর্তৃক সম্পূর্ণভাবে শোষিত হয়, কিন্তু CO অপরিবর্তিত থাকে।

$$CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O$$

ফর্মিক অ্যাসিড (Formic acid) হইতে:

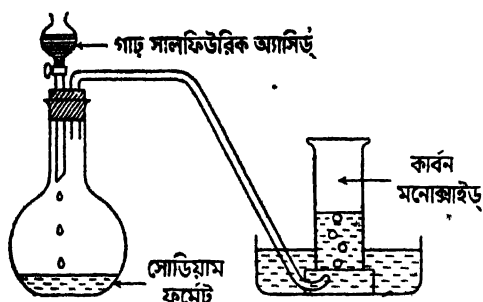
উপরের চিত্রানুরূপ ব্যবস্থা করিয়া কূপীর মধ্যে সোডিয়াম ফর্মেট (H.COONa) লইয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে বিন্দু বিন্দু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে CO গ্যাস নির্গত হয়। জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রথমে সোডিয়াম ফর্মেটকে ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত করে, এবং পরে জল বিশ্লিষ্ট করিয়া ইহাকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করে।

$$H.COONa + H_2SO_4 = H.COOH + NaHSO_4$$
$$H\,COOH - H_2O = CO$$

CO_2-গ্যাস হইতে: লোহিত-তপ্ত অঙ্গারের উপর CO_2 প্রবাহিত করিলে উহা কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + C = 2CO$$

ধর্ম: কার্বন মনোক্সাইড মৃদু গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস। ইহা জলে অদ্রবণীয়। বাতাস বা অক্সিজেনে ইহা নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

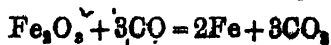
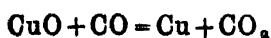
ইহা অপরের দহনে সহায়তা করে না এবং চুনজলের উপর ইহার কোনো ক্রিয়া নাই। **কার্বন মনোক্সাইড অত্যন্ত বিষাক্ত গ্যাস।**

৮১নং চিত্র—কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

নিঃশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে ইহা রক্তের হিমোগ্লোবিনের (hæmoglobin) সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বক্সি-হিমোগ্লোবিন (corboxy-hæmoglobin) গঠন করে। ফলে, হিমোগ্লোবিন আর অক্সিজেনের সহিত অক্সি-হিমোগ্লোবিন (oxy-hæmoglobin) গঠন করে না। এইভাবে রক্তে অক্সিজেনের অভাব ঘটায় শ্বাসগ্রহণকারীর মৃত্যু হয়।

কার্বন মনোক্সাইডের বিজারক-গুণ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ধাতব অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইড কর্তৃক বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।

$$PbO + CO = Pb + CO_2$$

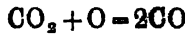
$$CuO + CO = Cu + CO_2$$

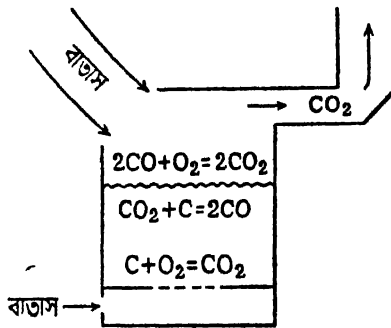
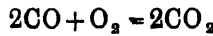
$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$

কয়লা বা কোক্-চুল্লীতে রাসায়নিক ক্রিয়া ঃ

(১) চুল্লীর তলদেশে কার্বন বাতাসে পুড়িয়া CO_2-এ পরিণত হয়।

$$C+O_2=CO_2$$

(২) এই CO_2 মধ্যস্তরের লোহিত-তপ্ত কার্বনের সংস্পর্শে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$CO_2+C=2CO$$

(৩) চুল্লীর উপরে কার্বন মনোক্সাইড পুড়িয়া CO_2-এ পরিণত হয়।

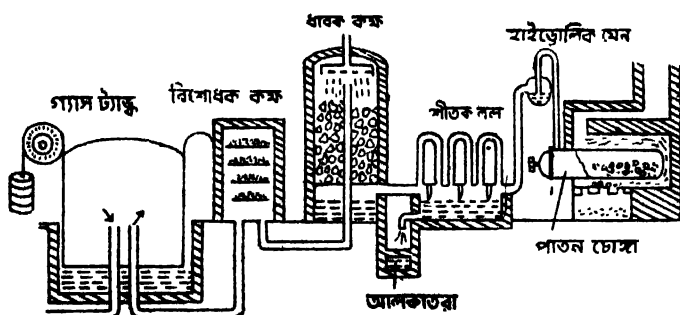
$$2CO+O_2=2CO_2$$

৮২নং চিত্র—সাধারণ উনোনের রাসায়নিক ক্রিয়া

ব্যবহার ঃ প্রোডিউসার গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতিতে জ্বালানি-গ্যাস হিসাবে কার্বন মনোক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

জ্বালানি-গ্যাস (Fuel gases)

তাপ উৎপাদনের জন্য জ্বালানি হিসাবে যে সমস্ত গ্যাস ব্যবহৃত হয় তাহাদের মধ্যে (১) কোল গ্যাস, (২) প্রোডিউসার গ্যাস, এবং (৩) ওয়াটার গ্যাস বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

কোল-গ্যাস (Coal gas)

কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন করিলে যে গ্যাসীয় অংশ পাওয়া যায় তাহাই কোল-গ্যাস। ইহা কোনো একটি মৌলিক গ্যাস নহে, অনেকগুলি গ্যাসের মিশ্রণ মাত্র। কোল-গ্যাসের মধ্যে থাকে মার্স্ গ্যাস (CH_4), কার্বন মনোক্সাইড (CO), ইথেন (C_2H_6), ইথিলিন্ (C_2H_4) প্রভৃতি অনেকগুলি দাহ্য গ্যাস। নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি অদাহ্য গ্যাসও কিছু পরিমাণে মিশ্রিত থাকে।

৮৩নং চিত্র—কোল-গ্যাস প্রস্তুতি

কোল-গ্যাস প্রস্তুতি: অগ্নিসহ মৃত্তিকা-নির্মিত সারি সারি পাতন-চোঙায় বিটুমিনাস কয়লার গুঁড়া প্রোডিউসার গ্যাসের সাহায্যে উত্তপ্ত (1000°-1200° সে. গ্রে.) করা হয়। উদ্বায়ী পদার্থসমূহ আংশিক জলপূর্ণ একটি চোঙার (Hydraulic main) মধ্যে প্রবেশ করিয়া জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। এখানে কিছু আলকাতরা (coal tar) এবং অ্যামোনিয়াযুক্ত জল (ammoniacal liquor) ঘনীভূত হয়।

অতঃপর, উল্টানো U আকৃতির কতকগুলি শীতক-নলের (Condensers) মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া একটি **ধাবক স্তম্ভ** (Washing tower) ও একটি **বিশোধন কক্ষ** (Purifying chamber) অতিক্রম করিয়া শোধিত গ্যাস অবশেষে **গ্যাস ট্যাঙ্কে** আসিয়া সঞ্চিত হয়।

শীতক-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় গ্যাসমধ্যস্থ আলকাতরা এবং 'অ্যামোনিয়া-জল' ঘনীভূত হইয়া নীচের চৌবাচ্চায় সঞ্চিত হয়। এই চৌবাচ্চায় দুইটি স্তর থাকে; উপরে জলবৎ তরল 'অ্যামোনিয়া-জল' এবং নীচে আলকাতরা।

ধাবক-স্তম্ভটি কোক্ বা ঝামায় পূর্ণ থাকে। এখানে উর্ধ্বগামী গ্যাস নিম্নগামী জলস্রোতে ধৌত হইয়া বিশোধন-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে।

বিশোধন-প্রকোষ্ঠে কতকগুলি তাকে ফেরিক্ হাইড্রক্সাইড রক্ষিত থাকে। কোল-গ্যাসে হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড (H_2S) থাকিলে তাহা ফেরিক্ হাইড্রক্সাইড কর্তৃক শোষিত হয়।

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

ব্যবহার: কোল-গ্যাস প্রধানত তাপ-উৎপাদনের জন্য জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রাস্তার আলো জ্বালাইবার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

কোল-গ্যাস প্রস্তুতিকালে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি অতিরিক্ত উৎপন্নদ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়।

নাম	ব্যবহার
১। **কোক্ (Coke):** উদ্বায়ী পদার্থসমূহ চলিয়া গেলে পাতন চোঙায় যে কৃষ্ণবর্ণ কঠিন পদার্থ অবশিষ্ট থাকে তাহাকে কোক্ বলে।	জ্বালানি হিসাবে, এবং ধাতু-নিষ্কাশনে বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
২। **গ্যাস কার্বন (Gas carbon):** পাতন কালে কার্বনের যে অংশ উর্ধ্বপাতিত হইয়া চোঙার গাত্রে সঞ্চিত হয় তাহাকে গ্যাস কার্বন বলে।	বৈদ্যুতিক চুল্লী বা তড়িদ্-বিশ্লেষক সেল-এ বিদ্যুৎ-দ্বার (electrodes) প্রস্তুতির জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।
৩। **আলকাতরা (Coal tar):** শীতক-নলের নীচের চৌবাচ্চায় ইহা	কাষ্ঠ সংরক্ষণে, বেন্‌জীন, কার্বলিক অ্যাসিড, ন্যাপ্‌থ্যালিন্‌

সঞ্চিত হয়।* ইহার উপরের স্তরে থাকে 'অ্যামোনিয়া-জল' (Ammoniacal liquor)।

প্রভৃতি মূল্যবান পদার্থ প্রস্তুতির জন্য ইহার বিলক্ষণ চাহিদা আছে।

৪। **অ্যামোনিয়া-জল (Ammoniacal liquor):** চুনের সহিত উত্তপ্ত করিয়া ইহা হইতে অ্যামোনিয়া উদ্ধার করিয়া অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেটে পরিণত করা হয়।

অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট জমির সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

৫। **পরিত্যক্ত অক্সাইড (Spent oxide):** বিশোধন-কক্ষের ব্যবহৃত ফেরিক্ হাইড্রক্সাইডের অধিকাংশই সাল্‌ফাইডে পরিণত হয়।

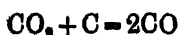
সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় SO_2 উৎপাদনের জন্য অনেক সময় ব্যবহৃত হয়।

প্রোডিউসার গ্যাস এবং ওয়াটার গ্যাস

এই দুইটি গ্যাসীয় জ্বালানি একসঙ্গে ব্যবহার করা সুবিধাজনক। অধিকাংশ গ্যাস-কারখানায় পাতন-চোঙা উত্তপ্ত করিবার জন্য এই গ্যাস দুইটি ব্যবহৃত হয়।

প্রোডিউসার গ্যাস: লোহিততপ্ত কোকের মধ্য দিয়া বায়ু পরিচালিত করিলে যে গ্যাস-মিশ্রণ পাওয়া যায়, তাহাই প্রোডিউসার গ্যাস। নীচের অংশে কোক্ পুড়িয়া যে CO_2 হয়, লোহিত-তপ্ত কার্বনের মধ্য দিয়া যাইবার সময় তাহা কার্বন মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হয়।

$$C + O_2 = CO_2$$

$$CO_2 + C = 2CO$$

বাতাসে নাইট্রোজেন থাকে বলিয়া প্রোডিউসার গ্যাস নাইট্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ।

তাপ উৎপাদনের জন্যও গ্যাস ইঞ্জিনে প্রোডিউসার গ্যাস ব্যবহৃত হয়। পেট্রোলের অভাব হইলে মোটর-বাসও প্রোডিউসার গ্যাস দ্বারা চালানো হয়।

ওয়াটার-গ্যাস : প্রোডিউসার গ্যাস প্রস্তুতির জন্য লোহিত-তপ্ত কোকের মধ্য দিয়া কিছুক্ষণ বাতাস পরিচালনার পর যখন কোক্ শ্বেত-তপ্ত হয়, তখন বাতাস বন্ধ রাখিয়া স্টীম পরিচালিত করা হয়। স্টীম বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন ও কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$H_2O+C=CO+H_2$$

এই বিক্রিয়ায় তাপ শোষিত হয় বলিয়া উষ্ণতা ক্রমশ কমিতে থাকে। এইভাবে কোক্ যখন আবার লোহিত-তপ্ত হয় তখন স্টীম বন্ধ রাখিয়া পুনরায় বাতাস পরিচালিত করা হয়।

দহন ও শিখা (Flame and Combustion)

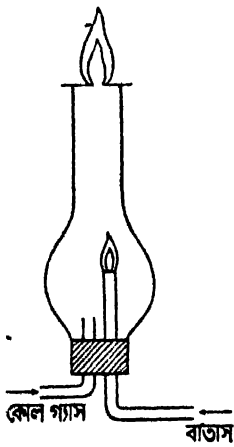
উত্তাপ ও আলোক সহযোগে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হইলে তাহাকে **দহন** (Combustion) বলে। কোক্ পুড়িবার সময় লোহিত-তপ্ত অথবা ভাস্বর হইয়া উঠে, আবার কখনো কখনো উহার উপর **নীল শিখা** দেখা যায়। এই শিখাটি কোক্ বা কার্বনের দহন-জনিত নহে, কোকের উপর CO গ্যাস দগ্ধ হইয়া ইহা উৎপন্ন করে। কেবলমাত্র গ্যাসীয় পদার্থের দহনকালে শিখা উৎপন্ন হয়। সুতরাং যে স্থানে দুইটি গ্যাসের মধ্যে আলোক ও উত্তাপ সহযোগে রাসায়নিক ক্রিয়া হয়, তাহাকে **শিখা** বলে।

দাহ্য ও দাহক

(Combustible and supporter of Combustion)

সাধারণত শিখার মধ্যে যে গ্যাস থাকে তাহাকে **দাহ্য** এবং শিখার বাহিরে উহাকে বেষ্টন করিয়া যে গ্যাস থাকে তাহাকে **দাহক** বলে। যেমন, কোল-গ্যাস যখন বাতাস বা অক্সিজেনে পোড়ে তখন কোল-গ্যাসকে দাহ্য এবং বাতাস বা অক্সিজেনকে দাহক বলা হয়। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে দাহ্য

এবং দাহক শব্দ দুইটি একান্তই আপেক্ষিক, এবং অবস্থানুসারে দুইটি গ্যাসের মধ্যে যে-কোনোটি দাহ্য বস্তুতে পরিণত হইয়া অপরটিকে দাহক করিতে পারে। নিম্নে একটি পরীক্ষার সাহায্যে এই তথ্যটি বুঝানো হইয়াছে।

৮৪নং চিত্র—কোল-গ্যাসে বাতাসের দহন

পরীক্ষা: একটি কাচের চিমনীর নিচের মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয় এবং ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি কাচনল চিমনীর মধ্যে প্রবেশ করানো হয়। চিমনীর উপরের মুখ ঠিক মধ্যস্থলে ছিদ্র-যুক্ত একটি অ্যাসবেস্‌টস্‌ ফলক দ্বারা আবৃত থাকে। দুইটি নলের মধ্যে হ্রস্ব নলটি দিয়া কোল-গ্যাস প্রবাহিত করিয়া, উপরে অ্যাসবেস্‌টসের ছিদ্র-মুখে তাহা জ্বালানো হয়; দীর্ঘ-নলটি দিয়া বাতাস প্রবাহিত করিয়া উপরে ঠেলিয়া কোল-গ্যাস শিখার নিকট লইয়া গেলে ইহাতে আগুন ধরিয়া যায়। তখন টানিয়া চিমনীর মধ্যস্থলে লইয়া আসিলে বাতাস কোল-গ্যাসে জ্বলিতে থাকিবে।

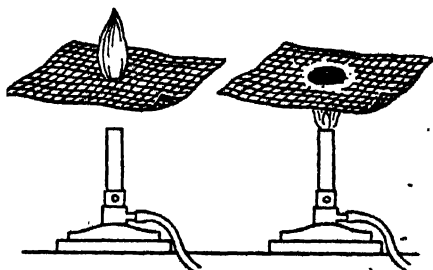
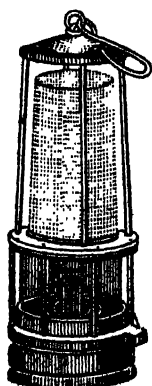
জ্বলনাঙ্ক (Ignition temperature):

দাহ্য এবং দাহক পরস্পরের সংস্পর্শে আসিলেই দহন সুরু হয় না। প্রত্যেক বস্তুরই দহনের জন্য একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা আছে, যাহার নিম্নে কোনো দহন সম্ভব নয়। এই উষ্ণতাকে উক্ত বস্তুর 'জ্বলনাঙ্ক' বলে। বিভিন্ন বস্তুর জ্বলনাঙ্ক বিভিন্ন। কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড বাষ্প (CS_2) 150°তেই জ্বলিয়া উঠে। আবার কোল-গ্যাস বা হাইড্রোজেন 550°তেও জ্বলে না।

পরীক্ষা: (ক) একটি বুন্‌সেন দীপের মুখের প্রায় এক ইঞ্চি উপরে একটি ঠাস-বুনানী সরু তার-জালি রাখিয়া উহার উপরে আগুন ধরাইয়া দাও। দেখিবে দীপ-শিখাটি তার-জালির উপরেই জ্বলিতেছে, কিন্তু জালি অতিক্রম করিয়া নীচের দিকে যাইতে পারিতেছে না।

পরীক্ষা: (খ) একটি জ্বলন্ত বুন্‌সেন দীপের মুখে একটি তার-জালি ধরিলে দেখিবে যে তার-জালি শিখাটি নীচে চাপিয়া রাখিয়াছে এবং জালির উপরে কোনো শিখা নাই।

৮৫নং চিত্র—দীপ-শিখা ও তার-জালি

তার-জালি উত্তম তাপ-পরিবাহক বলিয়া ইহা অতি দ্রুত শিখার উত্তাপ বহন করিয়া চতুর্দিকে বিকীরণ করিয়া দেয়। ফলে, তার-জালির নীচের অথবা উপরের (চিত্রে দেখ) গ্যাস তাহার **জ্বলনাঙ্কে** পৌঁছায় না, এবং শিখারও সৃষ্টি হয় না।

ডেভীর নিরাপদ-দীপ: উপরিউক্ত পরীক্ষাসকলই ডেভীকে তাঁহার বিখ্যাত নিরাপদ-দীপের (Davy's Safety Lamp) উদ্ভাবনে উদ্বুদ্ধ করিয়াছিল। কয়লা-খনির মধ্যে নানা দাহ্য-গ্যাস (প্রধানত মিথেন) থাকে। কোনো দীপ-শিখার সংস্পর্শে আসিলে এই সকল গ্যাস জ্বলিয়া খনির মধ্যে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। ডেভী সাধারণ তৈল-দীপের শিখার চতুর্দিকে সূক্ষ্ম তার-জালি দিয়া ঢাকিয়া দিলেন। ফলে দীপের মধ্যে কোনো দাহ্য-গ্যাস প্রবেশ করিলে তাহা তার-জালির ভিতরেই পুড়িতে থাকে, তার-জালি অতিক্রম করিয়া বাহিরে আসিতে পারে না।

৮৬নং চিত্র—ডেভীর নিরাপদ-দীপ

দীপ-শিখার বর্ণনা

সমস্ত শিখারই বাহিরের অংশে যেখানে দাহ্য-বস্তু ও দাহক পরস্পরের

সংস্পর্শে আসে, সেই স্থানেই রাসায়নিক ক্রিয়া হয়, এবং ভিতরের অংশে থাকে অপরিবর্তিত গ্যাস। শিখার অভ্যন্তরভাগে যে কোনো দহন-কার্য হয় না, পরীক্ষা দ্বারা তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা: (১) একটি সাদা কাগজ আড়াআড়িভাবে ধরিয়া একটি মোমবাতির শিখার মধ্যস্থলে ক্ষণিকের জন্য নামাইয়া দ্রুত তুলিয়া লও। দেখিবে, কাগজের উপর চক্রাকার একটি কালো দাগের মধ্যস্থল সাদা।

সাদা কাগজের পরিবর্তে মার্কিউরিক আয়োডাইড (HgI_2)-লিপ্ত কাগজ ধরিলে হলুদবর্ণের একটি চক্র দেখা যাইবে।

[কাগজটি প্রথমে KI-দ্রবণে ডুবাইয়া তারপর $HgCl_2$-দ্রবণে ডুবাইলে উহার উপর HgI_2-এর একটি লাল আবরণ পড়িবে। তারপর বাতাসে শুষ্ক করিয়া লইলেই মার্কিউরিক আয়োডাইড কাগজ প্রস্তুত হইবে।]

(২) উজ্জ্বল বুন্‌সেন দীপ-শিখার ঠিক মধ্যস্থলে একটি দেশলাইয়ের কাঠির অগ্রভাগ দ্রুত প্রবিষ্ট করাইলে দেখিবে কাঠির যে অংশ শিখার বাহিরের দিকে আছে সেই অংশ পুড়িয়া গিয়াছে, কিন্তু তাহার অগ্রভাগ অপরিবর্তিত আছে।

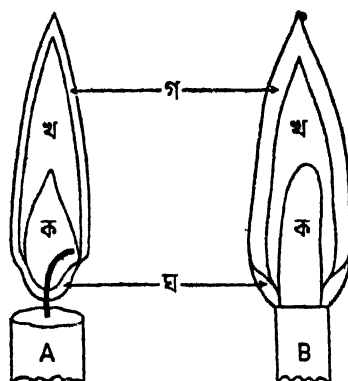
বিভিন্ন দীপ-শিখা: হাইড্রোজেন বা কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের শিখার মাত্র দুইটি অংশ থাকে, যথা—(১) শিখার ভিতরের অপরিবর্তিত গ্যাস এবং (২) বাহিরে গ্যাসের দহনজনিত শিখা।

মোমবাতি অথবা বুন্‌সেন-শিখা (উজ্জ্বল) ইহা অপেক্ষা জটিলতর। এই সকল শিখায় নিম্নলিখিত চারিটি বিভিন্ন অংশ থাকে।

(১) শিখার মধ্যস্থলে অপরিবর্তিত গ্যাসের কৃষ্ণ মণ্ডলী (চিত্রের ক অংশ)।

(২) ইহারই চতুর্দিকে ইহাকে বেষ্টন করিয়া থাকে এক উজ্জ্বল অংশ (চিত্রে খ অংশ)। আংশিক দহনের ফলে উৎপন্ন সূক্ষ্ম কার্বনচুর্ণের ভাস্বরতার জন্য এই অংশ এত উজ্জ্বল দেখায়।

(৩) সমস্ত শিখার চতুর্দিকে একেবারে বাহিরে যে ঈষৎ নীল মণ্ডলী (চিত্রে গ) দেখা যায়, উহার মধ্যেই গ্যাসের দহন সম্পূর্ণ হয়।

(ঘ) শিখার নীচের দিকে একটি ক্ষুদ্র গাঢ় নীল অংশ (চিত্রে ঘ) থাকে ; এখানেও দহন সম্পূর্ণ হয়।

৮৭নং চিত্র—(ক) মোমবাতি-শিখা (খ) বুনসেন দীপ-শিখা

*জ্বালানি ও শক্তি-উৎপাদন

মোটর, রেল, স্টীমার প্রভৃতি চালাইতে, বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপাদন করিতে, কল-কারখানা চালাইতে এবং গৃহের রন্ধনাদি কার্যের জন্য প্রচুর উত্তাপের প্রয়োজন হয়। এই তাপ উৎপাদনের জন্য নানাপ্রকার জ্বালানি ব্যবহৃত হয়, যথা—কয়লা বা কোক্, কাঠ, পেট্রোল, কোল-গ্যাস, প্রোডিউসার গ্যাস, ওয়াটার-গ্যাস, ইত্যাদি। জ্বালানি হিসাবে অবশ্য ইহারা সকলে সমান কার্যকরী নহে। কোনো জ্বালানিবস্তুর কার্যকারিতা স্থির করিতে হইলে উহার এক গ্রাম্ পোড়াইয়া কত তাপ উৎপন্ন হয় তাহা নির্ণয় করিতে হয়। তাপ সাধারণত 'ক্যালরি'তে (calorie) পরিমিত হয় বলিয়া এই এক গ্রাম্ হইতে যত ক্যালরি তাপ পাওয়া যায় তাহাকে উক্ত পদার্থের **ক্যালরি-সংখ্যা (calorific value)** বলে। এক গ্রাম্ জলকে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উষ্ণতা এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড বৃদ্ধি করিতে যে উত্তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে এক ক্যালরি বলে।

ভারতবর্ষে শক্তি-উৎপাদনের প্রধান উৎস কয়লা। পেট্রোল আমাদের দেশে যাহা আছে তাহা অতি সামান্য। দেশে নানা কার্যে নিয়োজিত শক্তির শতকরা প্রায় 60 ভাগই কয়লা হইতে উৎপন্ন। দেশে মজুত কয়লার পরিমাণ প্রায় 4,000 কোটি টন। বর্তমানে বৎসরে প্রায় 4 কোটি টন করিয়া কয়লা খরচ হয়। সুতরাং, বর্তমান হারে খরচ হইতে থাকিলেও মজুত কয়লা 1,000 বৎসরে নিঃশেষ হইয়া যাইবে। কিন্তু দেশে শিল্প-বাণিজ্যের প্রসারলাভের সঙ্গে সঙ্গে শক্তির চাহিদাও বৃদ্ধি পাইবে। আমেরিকা-যুক্তরাষ্ট্রে মাথাপিছু যে শক্তি ব্যয়িত হয়, আমাদের দেশের জীবনযাত্রার মান সেইরূপ বৃদ্ধি পাইলে দশ বৎসরেই আমাদের সঞ্চিত কয়লা নিঃশেষ হইয়া যাইবে।

সুতরাং শক্তি-উৎপাদনের নব নব ক্ষেত্রের সন্ধান আমাদের জাতীয় জীবনের এক গুরুতর সমস্যা। সেইজন্যই ভারত সরকার নদীস্রোত হইতে জলবিদ্যুৎ উৎপাদন এবং পারমাণবিক শক্তি প্রয়োগের সুষ্ঠু পন্থা আবিষ্কারের জন্য বিশেষ তৎপর হইয়াছেন।

Exercises

1. Describe the different allotropic modifications of Carbon. How will you prove by experiment that the different allotropes of Carbon are modifications of the same element Carbon? [কার্বনের বিভিন্ন রূপের বর্ণনা দাও। বিভিন্ন প্রকারের কার্বন যে একই মৌলিক পদার্থ কার্বনের রূপভেদ, পরীক্ষা দ্বারা তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ?]

2. Describe the manufacture of coal gas. [কোল-গ্যাস্ প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণনা কর।]

3. How did Moissan prepare diamond artificially? [ময়সাঁ কিরূপে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুত করিয়াছিলেন ?]

4. How will you prove that ordinary sugar contains Carbon? [চিনিতে কার্বন আছে কিরূপে প্রমাণ করিবে ?]

*5. What is meant by 'Combustion'? Explain the terms 'Combustible' and 'Supporter of Combustion.' How will you prove by experiment that these two terms are relative? [দহন কাহাকে বলে? দাহ্য ও দাহক শব্দদুইটির ব্যাখ্যা কর। পরীক্ষা দ্বারা কিরূপে প্রমাণ করিবে যে উক্ত শব্দ দুইটি একান্তই আপেক্ষিক?]

*6. What do you understand by 'ignition temperature'? Explain the principle of Davy's Safety Lamp. ['জ্বলনাঙ্ক' বলিতে কি বোঝ? ডেভীর 'নিরাপদ-দীপের' নিরাপত্তার কারণ কি বুঝাইয়া বল।]

7. Describe a candle flame. Describe an experiment to show that there is no combustion inside a flame. [মোমবাতির শিখার বর্ণনা দাও। শিখার মধ্যস্থলে যে কোনো দহন হয় না, পরীক্ষার দ্বারা তাহা প্রমাণ কর।]

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

পর্যায় সারণী (Periodic Table)

অদ্যাবধি আবিষ্কৃত প্রায় এক শত মৌলিক পদার্থের প্রত্যেকটির ধর্ম ও গুণগত নিজ নিজ বৈশিষ্ট্য থাকিলেও অনেক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক ধর্মে পরস্পরের সহিত বেশকিছু সাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয়। ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের মধ্যে এই সাদৃশ্য লক্ষ্য করিয়া রাসায়নিকগণ ইহাদের সকলকে একই গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত করিয়াছিলেন। এইরূপ আরও কয়েকটি পদার্থ আছে যাহাদের পরস্পরের মধ্যে গভীর মিল সহজেই চোখে পড়ে। এই সম্পর্কে ক্যাল্সিয়াম, বেরিয়াম, স্ট্রন-সিয়াম এবং লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়ামের নাম বিশেষভাবে উল্লেখ-

যোগ্য। সমস্ত মৌলিক পদার্থকে হ্যালোজেনগোষ্ঠী (ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতি), কিংবা মৃৎক্ষারধাতুগোষ্ঠীর (ক্যাল্সিয়াম, বেরিয়াম্ ইত্যাদি) ন্যায় কতকগুলি গোষ্ঠীতে বিভক্ত করা সম্ভব হইলে রসায়ন শিক্ষার কাজ যে অনেক সহজ হয়, তাহা বলাই বাহুল্য। তখন কোনো গোষ্ঠীর একটি মৌলের ধর্ম মনে রাখিলে সেই গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত অন্যান্য মৌলিক পদার্থের ধর্ম সম্বন্ধেও মোটামুটি একটা ধারণা করা সম্ভব হয়।

পদার্থসমূহের গুণগত আলোচনাকালে সাধারণভাবে আমরা সমস্ত পদার্থকেই ধাতু ও অধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করি। এই উভয় শ্রেণীতেই কতকগুলি শ্রেণীগত বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায়। যেমন,—

ধাতু	অধাতু
১। পারদ ব্যতীত সমস্ত ধাতুই সাধারণ অবস্থায় কঠিন।	১। ইহারা কঠিন (যেমন সাল্ফার, কার্বন ইত্যাদি), তরল (যেমন ব্রোমিন) অথবা গ্যাসীয় (যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি) হইতে পারে।*
২। ইহারা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী।	২। সাধারণত অপরিবাহী (কিন্তু গ্রাফাইট উত্তম পরিবাহী)।
৩। পরাবিদ্যুতান্বিত আয়নে পরিণত হয় (যেমন Ca^{++}, Na^{+} ইত্যাদি)।	৩। অপরাবিদ্যুতান্বিত আয়নে পরিণত হয় (যেমন Cl^{-}, $S^{=}$ ইত্যাদি)।
৪। অক্সাইডগুলি ক্ষারকীয় (যেমন, Na_2O, CaO ইত্যাদি)।	৪। অক্সাইডগুলি আম্লিক (যেমন SO_2, P_2O_5 ইত্যাদি)।

মৌলিক পদার্থ সমূহকে ধাতু ও অধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করার পরেও দেখা যায় যে, আর্সেনিক (As) প্রমুখ কতকগুলি পদার্থ আছে যাহাদের মধ্যে ধাতু ও অধাতু উভয়েরই কিছু কিছু গুণ বর্তমান; ইহাদিগকে **ধাতুকল্প পদার্থ** (Metalloids) বলা হয়।

ধাতু ও অধাতুতে এই শ্রেণীবিভাগ অত্যন্ত স্থূল। দুইটি ধাতুর মধ্যেও নানা বিষয়ে এত পার্থক্য থাকে যে, কেবলমাত্র ধাতুর সাধারণ

*

ধর্ম হইতে তাহাদের গুণাগুণ সম্বন্ধে কিছু বলা কঠিন। যেমন, সোডিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজ উভয়েই ধাতু; কিন্তু সোডিয়াম জলে দিলে হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়, অথচ ম্যাঙ্গানীজ জলে দিলে কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না। সোডিয়ামের যোজ্যতা এক, কিন্তু ম্যাঙ্গানীজের একাধিক যোজ্যতা দেখা যায়। সোডিয়াম অক্সাইড ক্ষারকীয় এবং জলে দিলে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। অপরপক্ষে, ম্যাঙ্গানীজ হেপ্টক্সাইড (Mn_2O_7) আম্লিক এবং জলে দিলে ইহা হইতে পারম্যাঙ্গানীক অ্যাসিড ($HMnO_4$) উৎপন্ন হয়। রাসায়নিকগণ শীঘ্রই উপলব্ধি করিলেন যে, শ্রেণীবিভাগ কার্যকর করিতে হইলে ইহা অপেক্ষা আরও অধিক বিস্তারিত হওয়া প্রয়োজন।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ প্রচারের পর রাসায়নিকগণ মৌল ধর্মের সহিত তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের একটা সম্বন্ধ নির্ণয়ের জন্য সচেষ্ট হইলেন। এবিষয়ে প্রথম উল্লেখযোগ্য দান **ডোবারিনার** (Dobereiner) নামক জনৈক রাসায়নিকের। ১৮২৯ খৃস্টাব্দে ডোবারিনার প্রথম লক্ষ্য করেন যে, যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের মধ্যে বিশেষ মিল দেখা যায়, তাহাদের তিনটি করিয়া লইয়া এক একটি শ্রেণী গঠন করিলে শ্রেণীভুক্ত পদার্থগুলির পারমাণবিক গুরুত্ব নিয়মিত হারে বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ তাহাদের পরস্পরের পারমাণবিক গুরুত্বের প্রভেদ সমান থাকে। যেমন,

লিথিয়াম	6·94	16 06	ক্লোরিন	35·5	44·5
সোডিয়াম	23·00		ব্রোমিন	80·0	
পটাসিয়াম	39·10	16·10	আয়োডিন	127·0	47·0

ক্যাল্সিয়াম	40 00	47·63
স্ট্রনসিয়াম	87 63	
বেরিয়াম	137·36	49·73

একটু লক্ষ্য করিলেই দেখা যায় যে, উপরে যে তিনটি শ্রেণী প্রদত্ত হইয়াছে, তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির ব্যাপারে বেশ একটু শৃঙ্খলা আছে। ডোবারিনারের ধারণা ছিল যে সমস্ত মৌলিক পদার্থকেই এইরূপ তিনটি

তিনটি করিয়া ভাগ করা যায় এবং এই ত্রয়ীর মধ্যবর্তী পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব অপর দুইটির ঠিক মাঝামাঝি হইবে। যেমন, ক্যাল্‌সিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব 40 এবং বেরিয়ামের 137·36, সুতরাং স্ট্রনসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব হইবে $\frac{40+137\cdot36}{2}$, অর্থাৎ 88·66 বা তাহার কাছাকাছি। কিন্তু ডোবারিনারের এই শ্রেণীবিভাগ (কয়েকটি বিশেষ ক্ষেত্র ছাড়া) অধিকাংশ ক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা সম্ভব হইল না।

ইহার পর ১৮৫৪ সালে **নিউল্যাণ্ড** (Newland) মৌলিক পদার্থগুলিকে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব অনুসারে সাজাইয়া লক্ষ্য করিলেন যে, একটি মৌলের সহিত তাহার পরবর্তী অষ্টমস্থানীয় মৌলের যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে। সুতরাং তাহাদের এক গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত করা যায়।

H						
Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe	···ইত্যাদি।

উপরের তালিকায় হাইড্রোজেন হইতে সুরু করিয়া প্রথম ২১টি মৌলিক পদার্থকে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের ক্রমানুসারে সাজানো হইয়াছে। লিথিয়াম হইতে সুরু করিয়া পারমাণবিক গুরুত্ব যতই বৃদ্ধি পাইতে থাকে, মৌলগুলির ধর্ম ইত্যাদিও সেই সঙ্গে পরিবর্তিত হইতে থাকে। এইভাবে ৭টি মৌল অতিক্রম করিয়া অবশেষে লিথিয়ামের ন্যায় অল্পাধিক সমগুণসম্পন্ন আরেকটি মৌল সোডিয়ামে উপনীত হয়। সুতরাং সোডিয়ামকে লিথিয়ামের নীচে স্থান করিয়া দেওয়া হয়। এইরূপে সমগুণসম্পন্ন মৌলিক পদার্থগুলি একই সারিতে শ্রেণীবদ্ধ হয়। নিউল্যাণ্ড নিজে একজন সঙ্গীতবিশারদ ছিলেন বলিয়া মৌলিক পদার্থের ধর্মের এই বিবর্তনের সহিত সঙ্গীতশাস্ত্রের 'সুর-সপ্তকের' বা সাতটি সুরের পরিবর্তনের সাদৃশ্য লক্ষ্য করিয়া তিনি ইহাকে **অষ্টক সূত্র** (Law of Octaves) নামে অভিহিত করেন।

প্রথম ১৮টি পদার্থের ক্ষেত্রে 'অষ্টক সূত্রের' সাফল্য বিশেষ চমকপ্রদ হইলেও পরবর্তী মৌলগুলির ক্ষেত্রে ফল কিন্তু মোটেই আশানুরূপ হয় নাই।

সেইজন্য সমসাময়িক বৈজ্ঞানিকমণ্ডলীর নিকট সূত্রটি বিশেষ স্বীকৃতি লাভ করে নাই, যদিও পরবর্তী যুগে রুশ বৈজ্ঞানিক মেণ্ডেলীফ যে সূত্রানুযায়ী সমস্ত মৌলিক পদার্থকে শ্রেণীবদ্ধ করিতে সমর্থ হইয়াছিলেন, নিউল্যাণ্ডের 'অষ্টক সূত্রে'ই তাহার বীজ নিহিত ছিল।

মেণ্ডেলীফের পর্যায় সূত্র : ১৮৬৯ খৃস্টাব্দে রুশ রসায়ন বিজ্ঞানী মেণ্ডেলীফ দেখান যে, মৌলিক পদার্থগুলিকে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের ক্রমানুসারে সাজাইলে তাহাদের রাসায়নিক ও ভৌতধর্মের ক্রমবিকাশ ঘটে এবং নির্দিষ্ট ব্যবধানের পর তাহাদের ধর্মের পুনরাবৃত্তি হয়। পারমাণবিক গুরুত্বের উপর মৌলপ্রকৃতির নির্ভরতার এই পর্যাবৃত্তি লক্ষ্য করিয়া মেণ্ডেলীফ বলেন যে, "পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম তাহার রাসায়নিক গুরুত্বের **পর্যাবৃত্ত অপেক্ষক** (periodic function)"। 'পর্যাবৃত্ত অপেক্ষক' কথাটি অঙ্কশাস্ত্র হইতে লওয়া। ইহার অর্থ এই যে, পদার্থের ধর্ম তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের সহিত পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।

পর্যায় সারণী : উপরিউক্ত সূত্রের সাহায্যে মেণ্ডেলীফ সমস্ত মৌলিক পদার্থগুলিকে একটি তালিকাভুক্ত করেন। এই তালিকাটিকে **পর্যায় সারণী** (Periodic table) বলে। ইহাতে পদার্থসমূহকে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের ক্রমানুসারে এমনভাবে সাজানো হইয়াছে, যাহাতে সমগুণযুক্ত পদার্থগুলি একই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত হয়। এইভাবে মৌলসমূহকে কতকগুলি পাশাপাশি ও লম্বালম্বি সারিতে সাজানো হয়। পাশাপাশি সারিগুলিকে **পর্যায়** (Period) ও লম্বালম্বি সারিগুলিকে **শ্রেণী** (Group) বলে। মেণ্ডেলীফের পর তাঁহার প্রবর্তিত আদি পর্যায় সারণীর কিছু কিছু পরিবর্তন হইলেও মোট কাঠামোটি প্রায় একই আছে বলা যায়।

পর্যায় সারণীর বর্ণনা : আধুনিক পর্যায় সারণীতে শূন্য হইতে আট পর্যন্ত নয়টি শ্রেণী ও সাতটি পর্যায় আছে। প্রথম পর্যায়টি খুবই ছোট, হাইড্রোজেন ও হিলিয়াম দুইটি মৌল লইয়া গঠিত ; তারপর ৮টি মৌলের দুইটি হ্রস্ব পর্যায় ও ১৮টি মৌলের দুইটি দীর্ঘ পর্যায়ের পর আসে ৩২টি মৌলের একটি অতিদীর্ঘ পর্যায়। শেষ বা সপ্তমটি একটি অপূর্ণ পর্যায়।

প্রত্যেকটি পর্যায়ে মৌল-প্রকৃতিতে একটি ধারাবাহিক পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। প্রথম পর্যায়ের শেষে হিলিয়ামের পর দ্বিতীয় পর্যায়ে লিথিয়াম (Li = 3) হইতে সুরু করিয়া ফ্লুওরিন পর্যন্ত পরবর্তী মৌলগুলির যোজ্যতা, তাড়িদ্-রাসায়নিক ধর্ম প্রভৃতি ক্রমেই পরিবর্তিত হইয়া অবশেষে পুনরায় হিলিয়ামের সমধর্মী নিয়নে আসিয়া উপস্থিত হয়। হ্রস্ব পর্যায় দুইটিতে সমধর্মী দুইটি মৌলের মধ্যে ব্যবধান ৮টি মৌলের। দীর্ঘ ও অতিদীর্ঘ পর্যায়ে এই ব্যবধান গিয়া দাঁড়ায় যথাক্রমে ১৮ ও ৩২এ। উদাহরণস্বরূপ, চতুর্থ পর্যায়ের পটাসিয়াম ও পঞ্চম পর্যায়ের সমধর্মী ক্ষার ধাতু রুবিডিয়ামের মধ্যে আছে ১৮টি মৌলের ব্যবধান। আবার পরে নিষ্ক্রিয় গ্যাস জীনন্ (Xe) ও র‍্যাডনের (Rn) মধ্যে দেখি ৩২টি মৌলের ব্যবধান।

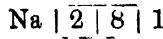
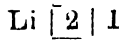
মৌলিক পদার্থগুলির এই পর্যাবৃত্তির মূলে আছে তাহাদের পরমাণুর ইলেকট্রনীয় সংগঠন। একটু লক্ষ্য করিলেই দেখিবে যে, পর্যাবৃত্তি সংখ্যা বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রন সংখ্যার উর্ধ্ব মাত্রার সমান; অর্থাৎ 2, 8, 18, 32 ইত্যাদি। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, হাইড্রোজেন হইতে সুরু করিয়া মৌলগুলিতে যেমন যেমন ইলেকট্রন সংযোজনা হইতে থাকে, মৌলের প্রকৃতিও

শ্রেণী	I	II	III	IV	V	VI	VII	শূন্য 0 শ্রেণী
১ম পর্য্যায়							H ১	He ২
২য় পর্য্যায়	Li = ৩ ২/১	Be=8 ২/২	B=৫ ২/৩	C=৬ ২/৪	N=৭ ২/৫	O=৮ ২/৬	F=৯ ২/৭	Ne=১০ ২/৮
৩য় পর্য্যায়	Na=১১ ২/৮/১							

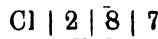
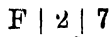
সেইরূপ পরিবর্তিত হইতে থাকে এবং বিশেষ কক্ষপথের জন্য নির্দিষ্ট ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ হইলেই একটি করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সৃষ্টি হইয়া একটি পর্যায়ের শেষ হয় ও পরবর্তী পর্যায়ে ইলেকট্রন সংযোগ দ্বারা আর একটি কক্ষপথ পূর্ণ হইতে থাকে। যেমন, হাইড্রোজেনের পর একটি ইলেকট্রন সংযোগ দ্বারা প্রথম কক্ষপথে উর্ধ্বতম ইলেকট্রন-সংখ্যা 2 পূর্ণ হয় ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিলিয়ামের আবির্ভাব ঘটে।

হিলিয়ামের পর লিথিয়ামের তিনটি ইলেকট্রনের দুইটি প্রথম কক্ষপথে ও তৃতীয়টি দ্বিতীয় কক্ষপথে সংযোজিত হয়; তারপর ইলেকট্রনগুলি ক্রমে ক্রমে দ্বিতীয় কক্ষপথে সংযোজিত হইয়া অবশেষে নিয়নে আসিলে দ্বিতীয় কক্ষপথের উর্ধ্বতম সংখ্যা 8 পূর্ণ হয় ও হিলিয়ামের অনুরূপ আরেকটি গ্যাস নিয়ন আবির্ভূত হয়। নিয়নের পর সোডিয়ামের ইলেকট্রন-বিন্যাস লিথিয়ামের অনুরূপ; কারণ দুইটি মৌলেই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ বিন্যাসের পর একটি ইলেকট্রন অতিরিক্ত থাকে। সেইজন্য ইহাদের রাসায়নিক ধর্মেও অনেক সাদৃশ্য দেখা যায়।

Li | 2 | 1

Na | 2 | 8 | 1

হ্যালোজেন গোষ্ঠীতে দেখা যায়, প্রত্যেক হ্যালোজেনেরই ইলেকট্রন-বিন্যাসে পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা একটি ইলেকট্রন কম থাকে।

F | 2 | 7

Cl | 2 | 8 | 7

অন্তর্বর্তী মৌল (Transition Elements): চতুর্থ পর্যায়ে মৌল-প্রকৃতির পর্যাবৃত্তিসংখ্যা 8 হইতে 18 হয়। এই বৃদ্ধির জন্য পর্যায়টিতে দশটি অতিরিক্ত মৌল আছে, যাহাদের নিজেদের মধ্যে যথেষ্ট প্রকৃতিগত মিল থাকিলেও পূর্ববর্তী পর্যায়ের মৌলগুলির সহিত সাদৃশ্য খুবই কম। সেইজন্য মুল শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত 'ক' ও 'খ' দুইটি শাখা শ্রেণীতে ইহাদের স্থান করিয়া দেওয়া হইয়াছে। এইরূপে প্রথম দীর্ঘ পর্যায়ের স্ক্যাণ্ডিয়াম (Sc = 21) হইতে জিঙ্ক (Zn = 30) পর্যন্ত ও দ্বিতীয় দীর্ঘ পর্যায়ে ইট্রিয়াম (Y = 39) হইতে ক্যাডমিয়াম (Cd = 48) পর্যন্ত মৌলগুলির সমশ্রেণীভুক্ত পূর্ববর্তী পর্যায়ের মৌলের সহিত বিশেষ কোনো সাদৃশ্য নাই। ইহাদের **অন্তর্বর্তী মৌল** বলা হয়।

বিরলমৃত্তিকা গোষ্ঠী (Rare earth elements): ৩২টি মৌল লইয়া গঠিত ষষ্ঠ পর্যায়ে ১০টি অন্তর্বর্তী মৌল ছাড়াও তৃতীয় শ্রেণীভুক্ত ল্যান্থানাম

(La = 57) ও চতুর্থ শ্রেণীর 'ক' শাখাভুক্ত হ্যাফনিয়ামের (Hf = 72) মধ্যে আছে সিরিয়াম (Ce = 58) প্রমুখ বিরলমৃত্তিকা গোষ্ঠীভুক্ত ১৪টি মৌল।

সপ্তম পর্যায়টিও ষষ্ঠ পর্যায়ের অনুরূপ ৩২টি মৌল লইয়া গঠিত হওয়ার কথা, কিন্তু অ্যাকৃটিনিয়ামের পর বিরলমৃত্তিকা গোষ্ঠীর অনুরূপ একটি গোষ্ঠীর মাত্র নয়টি মৌলের পর ক্যালিফর্ণিয়ামে (Cf = 98) আসিয়া পর্যায়টি হঠাৎ শেষ হইয়া গিয়াছে।

পর্যায়সারণীর প্রয়োগ ঃ

(১) পর্যায়সারণীতে মৌলগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করার ফলে রসায়ন শাস্ত্রের উন্নতি অনেক দ্রুততর হইয়াছে। কোনো একটি বিশেষ শ্রেণীতে মৌলপ্রকৃতির পরিবর্তনেও একটি নিয়মিত ক্রমবিকাশ লক্ষ্য করা যায়। যেমন, একই শ্রেণীতে পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে ধাতবভাব বা পরাবিদ্যুৎগ্রাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং অপরাবিদ্যুৎগ্রাহিতা হ্রাস পায়। সেইজন্য হ্যালোজেন গোষ্ঠীতে দেখি, ক্লোরিন আয়োডিন অপেক্ষা অধিক সক্রিয় এবং এই একই কারণে পটাসিয়ামের ক্রিয়াশীলতা সোডিয়াম অপেক্ষা অধিক।

(২) মেণ্ডেলীফ নিজে তাঁহার জীবিত কালের মধ্যেই বোধহয় পর্যায়-সারণীর সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ প্রয়োগ প্রদর্শন করিতে সক্ষম হইয়াছিলেন। তাঁহার আদি সারণীতে অনাবিষ্কৃত মৌলের জন্য ছয়টি শূন্য স্থান ছিল। এই মৌলগুলিকে মেণ্ডেলীফ যথাক্রমে এক-বোরন, এক-অ্যালুমিনিয়াম, এক-সিলিকন, এক-ম্যাঙ্গানীজ, দ্বি-ম্যাঙ্গানীজ, এবং এক ট্যাণ্টালাম নামে অভিহিত করেন। তিনি শুধু ইহাদের নামকরণ করিয়াই ক্ষান্ত হন নাই। তাহাদের শ্রেণীভুক্ত অন্যান্য মৌলগুলির ধর্ম হইতে তিনি ইহাদের সম্ভাব্য ধর্ম সম্বন্ধেও ভবিষ্যদ্বাণী করিয়াছিলেন। ইহার অল্পকালের মধ্যেই স্ক্যাণ্ডিয়াম, গ্যালিয়াম ও জার্মেনিয়াম আবিষ্কৃত হইলে দেখা গেল, ইহারাই মেণ্ডেলীফ-প্রস্তাবিত এক-বোরন, এক-অ্যালুমিনিয়াম এবং এক-সিলিকন। মেণ্ডেলীফের ভবিষ্যদ্-বাণীর সহিত ইহাদের ধর্ম অদ্ভুত ভাবে মিলিয়া গেল। নিম্নে এক-সিলিকন ও জার্মেনিয়ামের ধর্মের একটি তুলনামূলক তালিকা প্রদত্ত হইল।

	এক-সিলিকন (মেণ্ডেলীফের ভবিষ্যদ্‌বাণী)	জার্মেনিয়াম
ধর্ম		
পারমাণবিক গুরুত্ব	72	72·6
ঘনত্ব	5·5	5·47
বর্ণ ও গলনাঙ্ক	উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট, ছাই রংএর ধাতু হইবে।	ছাই রংএর ধাতু। গলনাঙ্ক = 958° সে. গ্রে.
অ্যাসিড, ক্ষার প্রভৃতির ক্রিয়া	ক্ষার ও অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।	জার্মেনিয়াম, ক্ষার ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়, কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়।
	অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে ইহা সাদা অক্সাইডে (EsO_2) পরিণত হইবে।	অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে সাদা জার্মেনিয়াম অক্সাইড (GeO_2) উৎপন্ন হয়।
	সালফাইড (EsS_2) জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যামো-নিয়াম সাল্‌ফাইডে দ্রবণীয় হইবে।	GeS_2 জল ও লঘু অ্যাসিডে অবদ্রবণীয় কিন্তু অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফাইডে দ্রবণীয়।
	ক্লোরাইড ($EsCl_4$) উদ্বায়ী তরল পদার্থ হইবে ও তাহার স্ফুটনাঙ্ক 100°র নীচে হইবে।	$GeCl_4$ উদ্বায়ী তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 86° সে. গ্রে.

(৩) পর্যায়সারণীর সাহায্যে অনেক সময় পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ভুল ভাবে স্থির করা যায়। উদাহরণস্বরূপ, ইণ্ডিয়ামের (In) কথা ধরা যাইতে পারে। খনিজ অবস্থায় ইহা জিঙ্কের সহিত মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহার যোজ্যতা দুই বলিয়া মনে করা হইত। ইণ্ডিয়ামের তুল্যাঙ্ক 38, সুতরাং ইহার

পারমাণবিক গুরুত্ব 38 × 2 = 76 ; কিন্তু পর্যায়সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীতে 76 পারমাণবিক গুরুত্ব-বিশিষ্ট কোনো মৌলের স্থান হয় না। মেণ্ডেলীফ বলিলেন যে, আসলে ইণ্ডিয়ামের যোজ্যতা তিন এবং সেই হিসাবে ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 38 × 3 = 114। এখন ইহাকে তৃতীয় শ্রেণীতে ক্যাডমিয়াম ও টিনের মধ্যে স্থান করিয়া দেওয়া যায়। পরে ড্যুলং ও পেটিটের সূত্রের সাহায্যে ইহার যোজ্যতা নির্ণীত হইলে দেখা গেল মেণ্ডেলীফের কথাই ঠিক ; ইণ্ডিয়ামের প্রকৃত যোজ্যতা তিন।

পর্যায়সারণীর ত্রুটি ঃ পর্যায়সারণীর আবিষ্কার রসায়ন শাস্ত্রে এক বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা। তথাপি, ইহার মধ্যে অনেক ত্রুটিবিচ্যুতি রহিয়া গিয়াছে। যথা :—

(১) পর্যায়সারণীতে মৌলগুলিকে পারমাণবিক গুরুত্ব অনুসারে সাজানো হইলেও কয়েকটি ক্ষেত্রে রাসায়নিক ধর্ম লক্ষ্য করিয়া ইহার ব্যতিক্রম করা হইয়াছে। যেমন আর্গন্ (39·9) ও পটাসিয়াম (39·1), কোবাল্ট (59) ও নিকেল (58·7) এবং টেলুরিয়াম (127·61) ও আয়োডিন (126·91) প্রভৃতির ক্ষেত্রে কম পারমাণবিক-গুরুত্ব-বিশিষ্ট পটাসিয়াম, নিকেল ও আয়োডিনের স্থান হইয়াছে ইহাদের অপেক্ষা গুরুভার আর্গন্, কোবাল্ট ও টেলুরিয়ামের পর।

(২) অন্তর্বর্তী মৌলগুলিকে শাখাশ্রেণীতে স্থান করিয়া দেওয়া হইয়াছে, কিন্তু ইহারা নিজেরাই একটি শ্রেণী গঠন করে এবং একই শ্রেণীর হ্রস্ব পর্যায়ভুক্ত মৌলগুলির সহিত ইহাদের সাদৃশ্য খুবই কম।

(৩) হাইড্রোজেন ও বিরলমৃত্তিকা গোষ্ঠীর মৌলের জন্য সারণীতে উপযুক্ত স্থান নির্দেশ করা কঠিন। ১৪টি বিরলমৃত্তিক মৌলের সবগুলিকেই তৃতীয় শ্রেণীতে একটি মাত্র স্থান দেওয়া হইয়াছে। ইহা মেণ্ডেলীফের মূল সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যহীন।

পরবর্তী যুগের রাসায়নিকগণ মেণ্ডেলীফের মূল সূত্রটির কিঞ্চিৎ পরিবর্তন সাধন করিয়াছেন। আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, অনেক মৌলের আইসোটোপ আছে ; অর্থাৎ একই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ভিন্ন হইতে পারে। সুতরাং, 'পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের উপর

নির্ভরশীল'—একথা আর বলা যায় না। প্রকৃতপক্ষে, পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বা কেন্দ্রীয় বিদ্যুৎমাত্রার উপরই পরমাণুর বিশেষত্ব নির্ভর করে। সুতরাং, মেণ্ডেলীফের সূত্রটির পরিবর্তিত রূপ হইবে,—"মৌলসমূহের ধর্ম তাহার **পরমাণু-ক্রমাঙ্কের** সহিত পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।"

অতএব, মৌলগুলিকে আর পারমাণবিক গুরুত্ব অনুসারে না সাজাইয়া পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অনুসারে সাজানো উচিত। এরূপ করিলে আর্গন্, পটাসিয়াম প্রভৃতির উপযুক্ত স্থান নির্ণয় করা সহজ হয়। কারণ, আর্গনের পরমাণুক্রম 18 এবং পটাসিয়ামের 19।

পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস লক্ষ্য করিলে অন্তর্বর্তী মৌলগুলির স্থান সম্বন্ধে আর সংশয় থাকে না এবং কেন পটাসিয়াম ও কপার একই শ্রেণীভুক্ত হওয়া সত্ত্বেও তাহাদের মধ্যে মিল খুব কম তাহা সহজেই বুঝা যায়। প্রকৃতপক্ষে, আধুনিক পর্যায়সারণীতে অন্তর্বর্তী মৌলগুলিকে '৩য় ক' (III A) হইতে '২য় খ' (II B) শ্রেণী পর্যন্ত এক নূতন শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে।

পর্যায়সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান ঃ পর্যায়সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান লইয়া প্রচুর মতভেদ আছে। হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটিমাত্র ইলেকট্রন আছে, সুতরাং সেইটি ছাড়িয়া দিয়া ইহা সহজেই হাইড্রোজেন আয়নে (H^+) পরিণত হইতে পারে। এই হিসাবে ইহা প্রথম শ্রেণীভুক্ত ক্ষার-ধাতু গোষ্ঠীর সহিত তুলনীয়। হাইড্রোজেন পরমাণু একটি ইলেকট্রন লাভ করিলেই হিলিয়ামের অনুরূপ গঠন প্রাপ্ত হয়। সেইজন্য গলিত লিথিয়াম হাইড্রাইডের (LiH) তড়িদ্‌বিশ্লেষণে অপরাবিদ্যুতান্বিত হাইড্রোজেন আয়ন (H^-) পাওয়া যায়। এইদিক হইতে ইহা হ্যালোজেন গোষ্ঠীর সহিত তুলনীয়।

ক্লোরিন প্রভৃতির ন্যায় হাইড্রোজেন গ্যাসীয় এবং ইহার অণুগুলি দ্বি-পরমাণুক।

অনেক জৈব পদার্থে ক্লোরিন প্রভৃতি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

এইরূপে সমস্ত দিক হইতে বিচার করিলে হাইড্রোজেনকে কোনো একটি বিশেষ শ্রেণীতে স্থাপন করা কঠিন। সেইজন্য ইহাকে সমস্ত মৌলের শীর্ষদেশে স্থান করিয়া দেওয়া হয়।

Exercises

1. What are the differences between a metal and a non-metal? [ধাতু এবং অধাতুর মধ্যে প্রভেদ কি?]

2. Write short explanatory notes on the following :—
   (a) periodic law; (b) law of octaves; (c) periodicity; (d) place of hydrogen in the periodic table.

চতুর্বিংশ অধ্যায়

হ্যালোজেন গোষ্ঠী

পর্যায় সারণীর সপ্তম শ্রেণীতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ঠিক পূর্বেই আছে ফ্লুওরিন (F), ক্লোরিন (Cl), ব্রোমিন (Br) ও আয়োডিন (I)। পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক প্রকৃতির প্রবল সাদৃশ্যহেতু এই মৌলগুলি বহুকাল হইতেই হ্যালোজেন নামে একটি বিশেষ গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত। গ্রীক ভাষায় হ্যাল্স্ (Hals = লবণ) অর্থে সামুদ্রিক লবণ। ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন প্রভৃতি সমুদ্রের জলে লবণ হিসাবে পাওয়া যায় বলিয়া ইহাদের হ্যালোজেন (Halogen) গোষ্ঠী বলা হয়। হ্যালোজেন গোষ্ঠীর মৌলগুলির এই পারস্পরিক সাদৃশ্যের মূলে আছে তাহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসের সাদৃশ্য। নিম্নে তাহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাস দেওয়া হইল।

পরমাণু ক্রম	মৌল	ইলেকট্রন কক্ষপথ				
		১ম	২য়	৩য়	৪র্থ	৫ম
9	F	2	7			
17	Cl	2	8	7		
35	Br.	2	8	18	7	
53	I	2	8	18	18	7

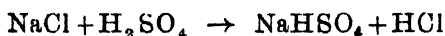
একটু লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে, সমস্ত হ্যালোজেনগুলিরই শেষ কক্ষপথে আছে ৭টি ইলেক্‌ট্রন; অর্থাৎ প্রত্যেক হ্যালোজেনে একটি ইলেক্‌ট্রন যোগ করিলে তাহা পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বিন্যাস প্রাপ্ত হইবে। ফ্লুওরিনে একটি ইলেক্‌ট্রন যোগ করিলে ইহার ইলেক্‌ট্রন-বিন্যাস নিয়নের মত হইয়া ফ্লুওরাইড আয়নে (F^-) পরিণত হইবে। ক্লোরিনে ১টি ইলেক্‌ট্রন যোগ করিলে ইহা পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস আর্গনের রূপ পাইয়া ক্লোরাইড (Cl^-) আয়নে পরিণত হইবে। এই কারণে হ্যালোজেন মাত্রেরই এক বিদ্যুৎমাত্রাবিশিষ্ট অপরাবিদ্যুতায়িত আয়নে পরিণত হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়। এই প্রবণতা ফ্লুওরিনে সর্বাপেক্ষা অধিক এবং আয়োডিনে সর্বাপেক্ষা কম। অর্থাৎ পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহা হ্রাস পায়। কারণ, গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত পরমাণুর আয়তনও বৃদ্ধি পায় এবং শেষ কক্ষপথটি কেন্দ্রীয় পরাবিদ্যুৎ হইতে অনেক দূরে পড়িয়া যায়। তাহার ফলে, পরমাণুর ইলেক্‌ট্রন-আসক্তিও কমিয়া যায়। সেইজন্যই হ্যালোজেনগুলির মধ্যে রাসায়নিক সক্রিয়তা ফ্লুওরিনের সর্বাপেক্ষা অধিক এবং আয়োডিনের সর্বাপেক্ষা কম। উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেনের সহিত বিভিন্ন হ্যালোজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ার উল্লেখ করা যাইতে পারে। ফ্লুওরিন ও হাইড্রোজেন মিশ্রিত করিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটে, ক্লোরিন মৃদু আলোতে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়, ব্রোমিনের সহিত সংযোগের জন্য উত্তাপের প্রয়োজন হয়, এবং উত্তপ্ত করা সত্ত্বেও অয়োডিনের সহিত হাইড্রোজেনের রাসায়নিক ক্রিয়া অসম্পূর্ণ থাকিয়া যায়।

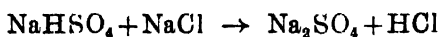
এই ইলেক্‌ট্রন-আসক্তির জন্য হ্যালোজেন মাত্রই জারক হিসাবে কাজ করে। কিন্তু ফ্লুওরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত জারকগুণ ক্রমশ হ্রাস পায়।

অত্যধিক রাসায়নিক সক্রিয়তার জন্য হ্যালোজেন কখনও মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ফ্লুওস্পার নামক খনিজ পদার্থে ক্যাল্‌সিয়াম ফ্লুওরাইড (CaF_2) হিসাবে ফ্লুওরিন, সমুদ্রের জলে সোডিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিন, পটাসিয়াম ব্রোমাইডে ব্রোমিন, এবং সোডিয়াম আয়োডাইডে আয়োডিন পাওয়া যায়।

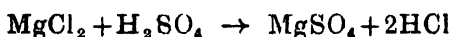
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)

একটি পরীক্ষা-নলে কিছু সাধারণ লবণ (NaCl) লইয়া তাহাতে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দিলে নল হইতে সাদা ধোঁয়ার আকারে শ্বাসরোধকারী তীব্র গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস নির্গত হয়। ইহাই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং পরীক্ষা-নলে যে সাদা লবণ পড়িয়া থাকে তাহা সোডিয়াম বাই-সাল্‌ফেট ($NaHSO_4$)।

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl$$

সাধারণ উষ্ণতায় সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে, অ্যাসিডের একটিমাত্র হাইড্রোজেন ধাতু কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হয়। উচ্চতর উষ্ণতায় (500° ডিগ্রীর অধিক) দুইটি হাইড্রোজেনই প্রতিস্থাপিত হয়।

$$NaHSO_4 + NaCl \rightarrow Na_2SO_4 + HCl$$

(উচ্চতর উষ্ণতায়)

সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইড ছাড়া অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডের সহিতও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$MgCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + 2HCl$$

অন্যান্য ধাতুর ক্ষেত্রে লবণটি সর্বদাই প্রশম লবণ হয়। সুতরাং,

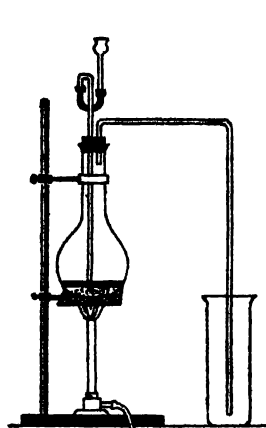
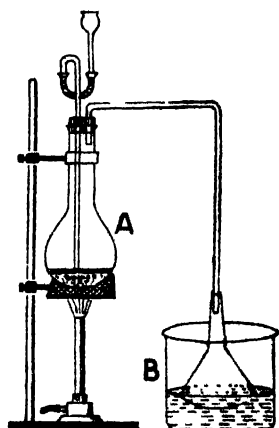
ধাতব ক্লোরাইড + সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড → ধাতব সাল্‌ফেট + হাইড্রো-জেন ক্লোরাইড।

লেড্, কিউপ্রাস ও মার্কিউরাস ক্লোরাইড সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য বলিয়া তাহাদের সহিত সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের কোনো ক্রিয়া হয় না।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতি: পরবর্তী পৃষ্ঠার চিত্রানুযায়ী একটি কুপীতে কিছু সাধারণ লবণ (NaCl) লইয়া থিসিল ফানেলের মধ্যদিয়া কিছু গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দাও, যেন ফানেলের প্রান্তদেশ অ্যাসিডের নীচে ডুবিয়া থাকে। প্রথম প্রথম বিনা উত্তাপেই অ্যাসিড নির্গত হইবে। তারপর, তারজালির নীচে বুন্‌সেন দীপ দিয়া অল্প অল্প উত্তপ্ত করিয়া,

নির্গত গ্যাস দ্বারা কতকগুলি জার পূর্ণ কর। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ঘনত্ব বায়ু অপেক্ষা অধিক বলিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা ইহা সঞ্চিত করা হয়। গ্যাসটি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, সেইজন্য জলের অপসারণ দ্বারা ইহা সংগ্রহ করা সম্ভব নহে।

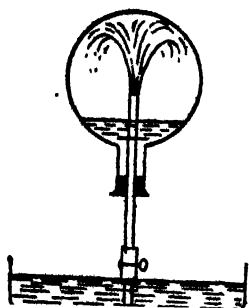
বিশুদ্ধ অবস্থায় (অর্থাৎ বায়ু ও জলীয়বাষ্প-মুক্ত) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাইতে হইলে, ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদ অপসারণ দ্বারা গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়।

রসায়নাগারে আমরা যে তরল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেখি, তাহা জলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের সম্পৃক্ত দ্রবণ।

৮৮নং চিত্র—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতি

৮৯নং চিত্র—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

ইহা প্রস্তুত করিতে হইলে নির্গমনলের প্রান্তে একটি উল্টানো ফানেল সংযুক্ত করিয়া ফানেলের প্রান্তভাগের সামান্য অংশ জলের নীচে নিমজ্জিত রাখা হয়। জলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা খুব বেশী। নির্গমনলের মধ্য দিয়া জল উঠিয়া যাহাতে কাচের কূপীর মধ্যে প্রবেশ করিতে না পারে, সেই জন্য এই সাবধানতা অবলম্বন করা হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম: হাইড্রোজেন ক্লোরাইড শ্বাস-

রোধকারী ঝাঁঝালো গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস। আর্দ্র বাতাসে ইহা ধূমায়িত হয়; বায়ু অপেক্ষা ইহার ঘনত্ব অধিক এবং জলে দ্রাব্যতা খুব বেশী। **ফোয়ারা পরীক্ষার** সাহায্যে জলে ইহার দ্রাব্যতা দেখানো যাইতে পারে।

পরীক্ষা: একটি গোল কাচকূপী হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসে ভর্তি করিয়া মুখটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। ছিপিটিতে একটি সূক্ষ্মছিদ্রযুক্ত কাচনল সংযুক্ত থাকে। নলটির বহিঃপ্রান্তে একটি রবারনলে ক্লিপ আঁটা থাকে। কূপীটি একটি নীল-লিট্‌মাস-দ্রবণপূর্ণ বৃহৎ জল-পাত্রের উপর এমনভাবে উল্টাইয়া দেওয়া হয় যাহাতে নলের প্রান্তটি জলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। এ অবস্থায় ক্লিপটি খুলিয়া দিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্রবীভূত হওয়ার জন্য নল দিয়া জল উপরে উঠিতে থাকে এবং অল্প সময়ের মধ্যেই কূপীস্থিত প্রায় সমস্ত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডই জলে দ্রবীভূত হওয়ার ফলে পাত্রের মধ্যে চাপ অত্যন্ত কমিয়া যায় ও বাহিরের জল বেগে ফোয়ারার আকারে উঠিয়া কূপীটি প্রায় ভর্তি করিয়া ফেলে। আরও দেখা যায় যে, ভিতরের লিট্‌মাস-দ্রবণটির নীল রং পরিবর্তিত হইয়া লাল হইয়া গিয়াছে। সুতরাং এই পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের **জলে দ্রাব্যতা** ও ইহার অম্লত্ব উভয় গুণই প্রমাণিত হইল।

৯০নং চিত্র—ফোয়ারা পরীক্ষা

পরীক্ষা: হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসপূর্ণ একটি জারের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইয়া দাও—পাটকাঠিটি নিভিয়া যাইবে; অর্থাৎ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অপর কোনো বস্তুর **দহনের সহায়ক নহে** এবং নিজেও **দাহ্য নহে**।

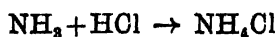
পূর্বে বলা হইয়াছে, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অম্লজাতীয় পদার্থ; এবং ইহা নীল লিট্‌মাস লাল করে। কিন্তু সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় শুষ্ক লিট্‌মাস কাগজের উপর ইহার কোনো ক্রিয়া দেখা যায় না। কারণ জলে দ্রবীভূত

না হইলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড কোনো হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) দেয় না। সেজন্য সম্পূর্ণ শুষ্কাবস্থায় ইহার অম্লাত্মক কোনো গুণের পরিচয় পাওয়া যায় না।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলে। 15° সে. গ্রে. উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণে শতকরা প্রায় 43 ভাগ হাড্রোজেন ক্লোরাইড থাকে। এই গাঢ় দ্রবণকে পাতিত করিলে ইহা হইতে জল অপেক্ষা অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাতিত হইয়া দ্রবণটির গাঢ়ত্ব কমিতে কমিতে শেষে যখন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের শতকরা হার 20·24 হয়, তখন দ্রবণটির আর কোনো পরিবর্তন হয় না। এখন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় (108·5°) ইহা সমগ্রভাবে পাতিত হইতে থাকে। অপরপক্ষে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাতিত করিলে শতকরা হার 20·24 না হওয়া পর্যন্ত দ্রবণটির গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং এই নির্দিষ্ট গাঢত্বে উপনীত হইলে ইহা সমগ্র ভাবে পাতিত হইতে থাকে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে গাঢ় ধূম উৎপন্ন করে।

পরীক্ষা ঃ গাঢ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে একটি কাচদণ্ড ডুবাইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডপূর্ণ একটি জারের মুখে ধরিলে জারটি ঘন সাদা ধোঁয়ায় পূর্ণ হইয়া যায়। অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জন্যই এইরূপ সাদা ধোঁয়া হইয়া থাকে।

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

ধোঁয়াটি কিছুক্ষণ পরে পরিষ্কার হইয়া গেলে জারের গায়ে সাদা সাদা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গুঁড়া লাগিয়া থাকিতে দেখা যায়।

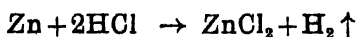
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, অ্যাসিড বা অম্লজাতীয় পদার্থ; সুতরাং অ্যাসিডসুলভ সমস্ত গুণই ইহাতে বর্তমান।

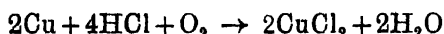
(১) ইহা অম্ল স্বাদযুক্ত; (২) নীল লিটমাসকে লাল করে; (৩) ধাতু

কর্তৃক ইহা হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় ; (৪) ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডকে প্রশমিত করিয়া ইহা জল ও সংশ্লিষ্ট ধাতুর ক্লোরাইডে পরিণত হয়। বলা বাহুল্য, উপরিবর্ণিত ধর্মগুলি অ্যাসিড মাত্রেরই সাধারণ গুণ।

ধাতুর সহিত ক্রিয়া : জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন, ম্যাগ্‌নেসিয়াম, আয়রন্‌ প্রভৃতি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সহজেই দ্রবীভূত হয়।

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

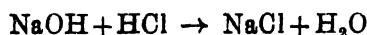
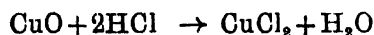
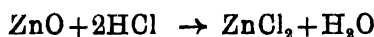
$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$$ ইত্যাদি।

কপার, লেড্‌ প্রভৃতি ধাতু সাধারণ অবস্থায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না ; কিন্তু অক্সিজেনের সহায়তায় ইহারা ধীরে ধীরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কর্তৃক আক্রান্ত হয়।

$$2Cu + 4HCl + O_2 \rightarrow 2CuCl_2 + 2H_2O$$

মার্‌কারি, সিল্‌ভার, গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না।

অক্সাইড প্রভৃতির সহিত ক্রিয়া : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের সহিত ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড প্রভৃতির ক্রিয়ার ফলে জল ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$$

$$CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$$

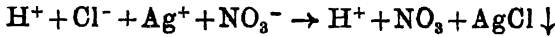
$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2), লেড্‌ ডাই-অক্সাইড (PbO_2) প্রভৃতি অক্সাইড অথবা পটাস পার্মাঙ্গেনেট ($KMnO_4$) জাতীয় জারক পদার্থের সহিত ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_4 + 2H_2O$$

$$MnCl_4 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2$$

$$\overline{MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O}$$

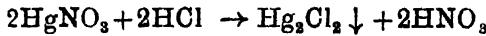
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত হইলে ইহা হইতে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ও ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) উৎপন্ন হয়। এই ক্লোরাইড আয়নের সহিত অন্য ধাতব আয়নের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অনেক সময় নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয়, যেমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সিল্‌ভার নাইট্রেট দিলে উহাতে সিল্‌ভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$H^+ + Cl^- + Ag^+ + NO_3^- \rightarrow H^+ + NO_3 + AgCl \downarrow$$

এই ক্রিয়াটি মুখ্যত সিল্‌ভার আয়ন ও ক্লোরাইড আয়নের মধ্যে হয় বলিয়া সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত যে-কোনো ক্লোরাইড দ্রবণ মিশ্রিত করিলে সিল্‌ভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$NACl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl \downarrow$$

সেইজন্য সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণের সাহায্যে **ক্লোরাইডের অস্তিত্ব** পরীক্ষা করা হয়। অনুরূপ ভাবে,

$$Pb(NO_3)_2 + 2HCl \rightarrow PbCl_2 \downarrow + 2HNO_3$$

$$2HgNO_3 + 2HCl \rightarrow Hg_2Cl_2 \downarrow + 2HNO_3$$

এই সমস্ত ক্ষেত্রে ধাতব ক্লোরাইড অদ্রবণীয় বলিয়া অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং রাসায়নিক ক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়।

সিল্‌ভার, লেড্ ও মার্‌কিউরাস ক্লোরাইড ($AgCl$, $PbCl_2$ এবং Hg_2Cl_2) ব্যতীত **অন্য সমস্ত ধাতব ক্লোরাইডই জলে দ্রবণীয়**; সেইজন্য তাহাদের দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে কোনো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের পরীক্ষা :

(১) অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে ইহা সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে।

(২) যে-কোনো ক্লোরাইডে সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণ ঢালিলে সিল্‌ভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অধঃক্ষেপটি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবণীয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার : পূর্বে ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইত, কিন্তু বর্তমানে কস্টিকসোডা শিল্পে

অতিরিক্ত উৎপন্ন দ্রব্য হিসাবে প্রচুর ক্লোরিন পাওয়া যায় বলিয়া ক্লোরিন উৎপাদনের উপাদান হিসাবে ইহার চাহিদা অনেক কমিয়া গিয়াছে।

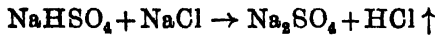
বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতি ও লৌহের উপর জিঙ্ক্ বা টিনের আস্তরণ দেওয়ার সময় ইহা ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির শিল্পপদ্ধতি :

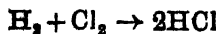
(১) **সল্টকেক্ পদ্ধতি** (Salt Cake Process) : লে ব্লাঁ (Le Blanc) প্রবর্তিত সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির এই পদ্ধতিটিতে অতিরিক্ত উৎপন্ন দ্রব্য হিসাবে প্রচুর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইত। সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনের জন্য তাড়িদ্ রাসায়নিক পদ্ধতি প্রচলনের পর হইতে লে ব্লাঁ পদ্ধতির প্রচলন উঠিয়া গিয়াছে। এই পদ্ধতিতে পরাবর্ত চুল্লীতে (Reverberatory furnace) সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে সোডিয়াম বাই-সাল্‌ফেট ও পরে উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করিয়া সোডিয়াম সাল্‌ফেট প্রস্তুত করা হয়। দুইটি বিক্রিয়াতেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অন্যতম উৎপন্ন পদার্থ হিসাবে নির্গত হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl\uparrow$$

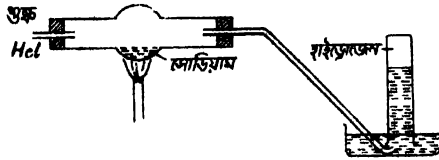
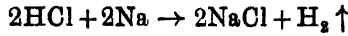
উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করিলে,

$$NaHSO_4 + NaCl \rightarrow Na_2SO_4 + HCl\uparrow$$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস একটি কোক্-পূর্ণ প্রস্তরস্তম্ভের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়। এই স্তম্ভের উপর হইতে প্রবহমান জলস্রোতে দ্রবীভূত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নীচে একটি পাত্রে সঞ্চিত হয়।

(২) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি** : কাস্‌নার ও কেল্‌নার পদ্ধতিতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুতকালে প্রচুর হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই দুইটি গ্যাসের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

উৎপন্ন গ্যাসটি জলে দ্রবীভূত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড খুব বিশুদ্ধ হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব : নিম্নের চিত্রানুরূপ দুই-মুখ-খোলা চিমনীর মধ্যবর্তী বাল্‌বে এক টুকরা সোডিয়াম ধাতু রাখিয়া বুন্‌সেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং চিমনীর মধ্যে শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রবাহিত করা হয়। ধাতুটি পুড়িয়া সাদা সোডিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং গ্যাস-জারে জলের অপসারণ দ্বারা একটি গ্যাস সঞ্চিত হয়। গ্যাসটির মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে ইহা নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে সঞ্চিত গ্যাসটি হাইড্রোজেন

$$2HCl + 2Na \rightarrow 2NaCl + H_2 \uparrow$$

৯১নং চিত্র—হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব পরীক্ষা

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি : দুই প্রান্তে স্টপ্‌কক্‌-বিশিষ্ট দুইটি সমায়তন কাচনল একটি মধ্যবর্তী স্টপ্‌কক্‌ দ্বারা পরস্পরের সহিত সংযুক্ত করা হয়। দুইটি নলের একটি হাইড্রোজেন ও অপরটি ক্লোরিন

৯২নং চিত্র—হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি

গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হয়। তারপর মধ্যবর্তী স্টপ্‌কক্‌টি ঘুরাইয়া গ্যাস দুইটিকে পরস্পরের সহিত মিশ্রিত হইতে দেওয়া হয় এবং যন্ত্রটি মৃদু আলোতে রাখা হয়।

কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হইবে ও নলের মধ্যে ক্লোরিনের ঈষৎ সবুজ রং আর দেখা যাইবে না। মধ্যের স্টপ্‌কক্‌টি খোলা রাখিয়াই

যন্ত্রটির এক মুখ পারদের নীচে ডুবাইয়া স্টপ্‌কক্‌ ঘুরাইয়া সেই দিকের মুখটি খুলিয়া দেওয়া হয়। ইহাতে পারদ ভিতরে প্রবেশ করে না বা যন্ত্রের মধ্য হইতে কোনো গ্যাস বাহির হইয়া যায় না। সুতরাং উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের চাপ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের চাপের সমান বলা যায়। এখন যন্ত্রটির এক মুখ ঠিক একই ভাবে জলের নীচে রাখিয়া স্টপ্‌কক্‌ খুলিলে দেখা যাইবে যে, জল তৎক্ষণাৎ উপরে উঠিয়া দুইটি নলই সম্পূর্ণ ভর্তি করিয়া ফেলিল। ইহা হইতে বুঝা গেল যে, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সম্পূর্ণভাবেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হইয়াছে, এবং তাহার আয়তন উক্ত গ্যাসদ্বয়ের মিলিত আয়তনের সমান।

1 ঘনায়তন হাইড্রোজেন + 1 ঘনায়তন ক্লোরিন

= 2 ঘনায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

সুতরাং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে,

1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন

= 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

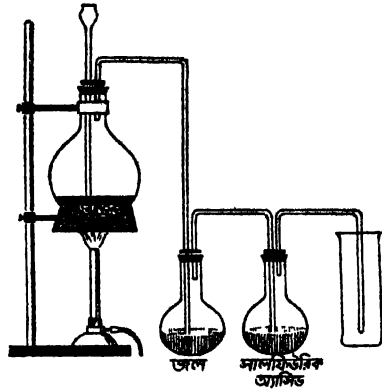
কিন্তু অর্ধ অণু হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনে একটি করিয়া পরমাণু থাকে। সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1 অণুতে হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু ও ক্লোরিনের একটি পরমাণু থাকিবে। অর্থাৎ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত হইবে HCl।

ক্লোরিন (Cl_2)

[পারমাণবিক গুরুত্ব = 35·5 ; পরমাণু ক্রমাঙ্ক = 17]

ক্লোরিন কখনও মুক্তাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। কিন্তু সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর ক্লোরাইড হিসাবে প্রচুর ক্লোরিন পাওয়া যায়। সমুদ্রজলের শতকরা প্রায় 2·8 ভাগই সোডিয়াম ক্লোরাইড। ইহা ছাড়া জার্মানীর স্টাস্‌ফার্টে (Stasfurt) প্রচুর পটাসিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি বিভিন্ন স্তরে স্তূপীকৃত হইয়া আছে।

ক্লোরিন প্রস্তুতি (রসায়নাগারে): হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে উপযুক্ত জারক দ্বারা জারিত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। এই উদ্দেশ্যে সাধারণত ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) ও পটাসিয়াম পার্মাঙ্গানেট ($KMnO_4$) জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

পরীক্ষা: থিসিল-ফানেল ও নির্গম নল-বিশিষ্ট একটি কুপীতে কিছু ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড-চূর্ণ (MnO_2) লওয়া হয়। তারপর থিসিল ফানেল দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া কুপীটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে নির্গম নল দিয়া ঈষৎ সবুজ ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। গ্যাসটির সহিত কিছু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহাকে যথাক্রমে জল

৯৩নং চিত্র —ক্লোরিন প্রস্তুতি

ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ দুইটি গ্যাস-ধাবকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়। অতঃপর বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসটি গ্যাস-জারে সঞ্চিত করা হয়। জলে দ্রাব্য, এবং পারদের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া হয় বলিয়া ইহাদের অপসারণ দ্বারা ক্লোরিন গ্যাস সঞ্চয় করা সম্ভব নহে। নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে মোট রাসায়নিক ক্রিয়াটি প্রকাশ করা যাইতে পারে।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

রাসায়নিক ক্রিয়াটি সম্ভবত দুইটি বিভিন্ন পর্যায়ে নিষ্পন্ন হইয়া থাকে। প্রথমে,

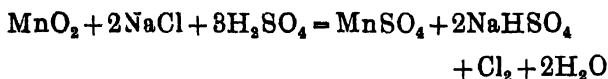
$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_4 + 2H_2O$ (ম্যাঙ্গানীজ টেট্রাক্লোরাইড)।

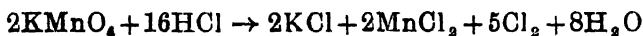
ম্যাঙ্গানীজ টেট্রাক্লোরাইড অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী এবং খুব কম উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হইয়া ম্যাঙ্গানীজ ট্রাই-ক্লোরাইডে পরিণত হয়। পরে তাপ-প্রয়োগ করিলে ট্রাই-ক্লোরাইড ভাঙ্গিয়া ক্লোরিন ও ডাই-ক্লোরাইড হয়।

$$2MnCl_4 = 2MnCl_3 + Cl_2\uparrow$$

$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$

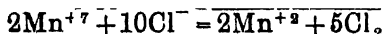
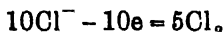
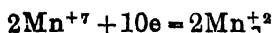
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড না লইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত করিলেও ফল একই হয়। এক্ষেত্রে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তাহাই পরবর্তী পর্যায়ে MnO_2 কর্তৃক জারিত হয়।

$$MnO_2 + 2NaCl + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2NaHSO_4 + Cl_2 + 2H_2O$$

ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে পটাসিয়াম পার্মাঙ্গানেট লইয়া সাধারণ উষ্ণতায় অতি সহজেই ক্লোরিন প্রস্তুত করা যায়।

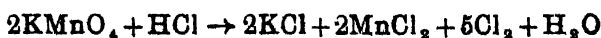
$$2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$$

এক্ষেত্রে আংশিক সমীকরণ দুইটি নিম্নলিখিতরূপ হইবে।

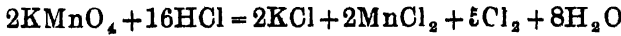
$$2Mn^{+7} + 10e = 2Mn^{+2}$$

$$10Cl^- - 10e = 5Cl_2$$

$$\overline{2Mn^{+7} + 10Cl^- = 2Mn^{+2} + 5Cl_2}$$

সমীকরণের বাম পার্শ্বে ১০টি Cl^- আয়ন আছে, কিন্তু উহাতে যে সমস্ত Cl^- আয়ন জারিত হইয়াছে কেবলমাত্র তাহাদেরই ধরা হইয়াছে। দক্ষিণ পার্শ্বে ম্যাঙ্গানীজ ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যে কিছু ক্লোরাইড আছে। সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মোট অণুর সংখ্যা ঐ সমস্ত ক্লোরাইড আয়নের সংখ্যার উপর নির্ভর করিবে।

অতএব,

$$2KMnO_4 + HCl \rightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + H_2O$$

এখন দক্ষিণ পার্শ্বে মোট ক্লোরিন পরমাণুর (আয়ন এবং পরমাণু) সংখ্যা দাঁড়াইল ১৬। অতএব, বামপার্শ্বে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুর সংখ্যা হইবে ১৬ এবং ১৬টি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে জলের অণু সংখ্যা হইবে ৮। সুতরাং পূর্ণ সমীকরণটি হইবে,

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$$

এইরূপে পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), লেড্ ডাই-অক্সাইড (PbO_2), ব্লিচিং পাউডার ($CaOCl_2$) ইত্যাদি দ্বারাও হাড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিনে পরিণত হয়।

(১) $K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow KCl + CrCl_3 + Cl_2 + H_2O$

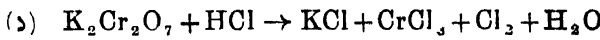
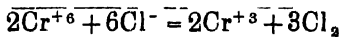
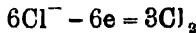
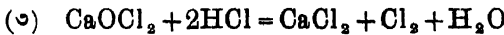
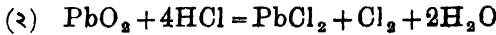
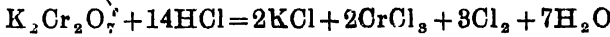
আংশিক সমীকরণ,

$$2Cr^{+6} + 6e = 2Cr^{+3}$$
$$6Cl^- - 6e = 3Cl_2$$
$$\overline{2Cr^{+6} + 6Cl^- = 2Cr^{+3} + 3Cl_2}$$

অতএব, পূর্ণ সমীকরণ,

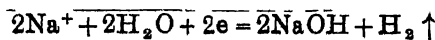
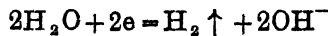
$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$$

(২) $PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

(৩) $CaOCl_2 + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা ধাতব ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণের তড়িদ-বিশ্লেষণ দ্বারাও ক্লোরিন প্রস্তুত করা সম্ভব। উদাহরণস্বরূপ, সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে অ্যানোডে ক্লোরিন,

$$2Cl^- - 2e = Cl_2 \uparrow$$

এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$2H_2O + 2e = H_2 \uparrow + 2OH^-$$
$$2Na^+ + 2OH^- = 2NaOH$$
$$\overline{2Na^+ + 2H_2O + 2e = 2NaOH + H_2 \uparrow}$$

এইরূপে কস্টিক সোডা উৎপাদনকালে অতিরিক্ত উৎপন্নদ্রব্য হিসাবে ক্লোরিন উদ্ভূত হয়।

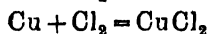
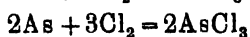
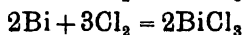
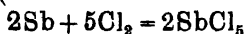
ক্লোরিনের ধর্ম: ক্লোরিন তীব্র ঝাঁঝালো-গন্ধ-বিশিষ্ট হরিতাভ

পীতবর্ণের গ্যাস। **গ্যাসটি বিষাক্ত** এবং নিঃশ্বাসের সহিত অধিক পরিমাণে গ্রহণ করিলে ইহা ফুসফুসের প্রদাহ সৃষ্টি করিয়া মৃত্যু পর্যন্ত ঘটাইতে পারে। সুতরাং গ্যাস প্রস্তুতকালে যথেষ্ট সাবধান হওয়া উচিত। ইহা বায়ু অপেক্ষা 2·5 গুণ ভারী এবং জলে কিছু পরিমাণ দ্রবণীয়। ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণকে 'ক্লোরোদক' (Chlorine water) বলে।

রাসায়নিক ধর্ম : ক্লোরিনের রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা সমধিক এবং অধিকাংশ মৌলের সহিত প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া ইহা ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(১) **ধাতুর উপর ক্রিয়া :** প্রায় সমস্ত ধাতুই ক্লোরিনের সহিত প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হয়।

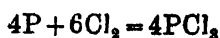
পরীক্ষা : শুষ্ক ক্লোরিন-গ্যাসপূর্ণ একটি জারে অ্যান্টিমনি (Sb), আর্সেনিক (As) অথবা বিস্মাথ (Bi) চূর্ণ নিক্ষেপ করিলে দেখিবে, প্রত্যেকটি ধাতুকণা ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিবামাত্র জ্বলিয়া উঠিতেছে। একটি পাতলা তামার পাত ঈষৎ উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরিন গ্যাসে নিক্ষেপ করিলে পাতটি ক্লোরিনে পুড়িতে থাকিবে।

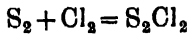
$$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$$
$$2Bi + 3Cl_2 = 2BiCl_3$$
$$2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$$
$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$

(২) **অধাতুর উপর ক্লোরিনের ক্রিয়া :** ফ্লুওরিন, কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস (হিলিয়াম প্রমুখ) ব্যতীত সমস্ত অধাতুই **প্রত্যক্ষভাবে** ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ক্লোরাইডে পরিণত হয়। ইহাদের মধ্যে প্রথম চারিটি মৌল অবশ্য পরোক্ষভাবে ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া থাকে।

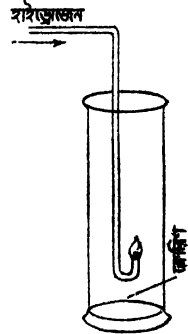
পরীক্ষা : একটি প্রজ্বালনী চামচে কিছু **শ্বেত ফস্‌ফরাস** লইয়া চামচটি ক্লোরিন-পূর্ণ জারে নামাইয়া দাও। ফস্‌ফরাস সাদা ধূম উদ্‌গীরণ করিয়া পুড়িতে থাকিবে।

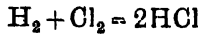
$$4P + 6Cl_2 = 4PCl_3$$

অতিরিক্ত ক্লোরিন থাকিলে ফস্‌ফরাস, পেন্টাক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$4P + 10Cl_2 = 4PCl_5$$

ক্লোরিন গ্যাসের প্রবাহে সাল্‌ফার উত্তপ্ত করিলে ইহা তরল সাল্‌ফার মনোক্লোরাইডে (S_2Cl_2) পরিণত হয়। রবার ভাল্‌কানাইজের কাজে সাল্‌ফার মনোক্লোরাইডের ব্যবহার আছে।

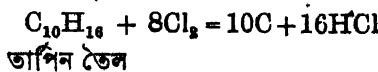
$$S_2 + Cl_2 = S_2Cl_2$$

হাইড্রোজেনের সহিত ক্লোরিন অতি সহজেই সংযুক্ত হয়।

পরীক্ষা : হাইড্রোজেনের একটি জ্বলন্ত শিখা ক্লোরিন-পূর্ণ জারের মধ্যে প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকিবে, এবং জারের মধ্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হইবে।

৯৪নং চিত্র—ক্লোরিনে হাইড্রোজেনের দহন

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন মিশ্রিত করিয়া অন্ধকারে রাখিলে বিশেষ ক্রিয়া হয় না, কিন্তু মৃদু আলোতে ইহারা ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হইতে থাকে এবং সূর্যালোকে বিস্ফোরণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়।

(৩) **হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগিক পদার্থের উপর ক্লোরিনের ক্রিয়া :** হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আসক্তি এত তীব্র যে, হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগিক পদার্থ হইতেও হাইড্রোজেন টানিয়া ইহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

পরীক্ষা : তার্পিন-তৈল সিক্ত এক টুকরা ফিল্‌টার কাগজ ক্লোরিন-পূর্ণ জারে নিক্ষেপ করিলে কাগজটি জ্বলিয়া উঠিবে এবং জারটি কালো ধোঁয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পূর্ণ হইবে।

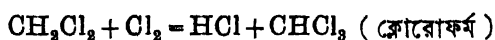
$$\underset{\text{তার্পিন তৈল}}{C_{10}H_{16}} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$$

ক্লোরিন-জারে একটি জলন্ত মোমবাতি নামাইলে বাতিটি প্রচুর কালো ধুম উদ্‌গীরণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে। মোমবাতির মোম তার্পিন তৈলের ন্যায় কার্বন ও হাইড্রোজেনের সমন্বয়ে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ, সুতরাং রাসায়নিক ক্রিয়াও প্রায় একই রূপ হয়।

অনেক ক্ষেত্রে ক্লোরিন শুধু হাইড্রোজেন আকৃষ্ট করিয়াই ক্ষান্ত হয় না, অপর একটি ক্লোরিন পরমাণু গিয়া হাইড্রোজেনের পরিত্যক্ত স্থান অধিকার করিয়া বসে। মিথেন (CH_4) ও ক্লোরিনের মিশ্রণপূর্ণ একটি জার উজ্জ্বল আলোকে রাখিয়া দিলে কতকগুলি বিভিন্ন পর্যায়ে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হইতে দেখা যায়।

$CH_4 + Cl_2 = HCl + CH_3Cl$ (মিথাইল ক্লোরাইড)

$CH_3Cl + Cl_2 = HCl + CH_2Cl_2$ (মেথিলীন ক্লোরাইড)

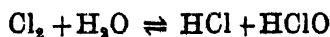
$CH_2Cl_2 + Cl_2 = HCl + CHCl_3$ (ক্লোরোফর্ম)

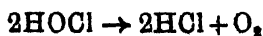
$CHCl_3 + Cl_2 = HCl + CCl_4$ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড)

হাইড্রোজেন আসক্তির জন্য বিভিন্ন হাইড্রোজেন যৌগ এইভাবে ক্লোরিন কর্তৃক জারিত হয়।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

(৪) অন্যান্য যৌগিক পদার্থের সহিত ক্লোরিনের ক্রিয়া :

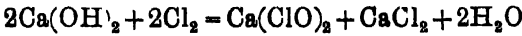
(ক) **জল**—দ্রবণকালে ক্লোরিনের সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়া হয়। ক্লোরিনগ্যাসে সম্পৃক্ত জল বরফের ন্যায় শীতল করিলে উহা হইতে ক্লোরিণ হাইড্রেট (Cl_2, $8H_2O$) কেলাসিত হয়। সাধারণ উষ্ণতায় দ্রবীভূত ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডে ($HOCl$) রূপান্তরিত হয়।

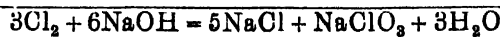
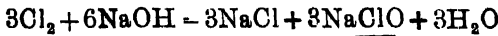
$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$$

উজ্জ্বল সূর্যকিরণে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড ভাঙিয়া অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$2HOCl \rightarrow 2HCl + O_2$$

(খ) **ক্ষার :** সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রমুখ ক্ষারের সহিত সাধারণ উষ্ণতায **ক্লোরাইড** ও **হাইপোক্লোরাইট** উৎপন্ন হয়।

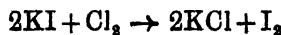
$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaClO + H_2O$$
$$2KOH + Cl_2 = KCl + KClO + H_2O$$

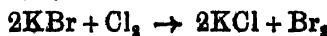
চুনজলেব $[Ca(OH_2)]$ সহিত,

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$$

গাঢ ক্ষার-দ্রবণের সহিত অধিকতর উষ্ণতায় (80°-90°) **ক্লোরাইড** ও **ক্লোরেট** উৎপন্ন হয়। সম্ভবত এক্ষেত্রেও প্রথমে হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়, তৎপর উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য হাইপোক্লোরাইট ক্লোরেট ও ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$3Cl_2 + 6NaOH = 3NaCl + 3NaClO + 3H_2O$$
$$3NaClO = 2NaCl + NaClO_3$$
$$\overline{3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O}$$

(গ) **অধাতব আয়ন :** অক্সিজেন ও ফ্লুওরিন ব্যতীত অন্য পদার্থ অপেক্ষা ক্লোরিনের ইলেক্‌ট্রন আসক্তি অধিক বলিয়া ক্লোরিন অন্যান্য আয়ন হইতে ইলেক্‌ট্রন অপসারণ করিয়া তাহাদের জারিত করে। এইজন্য ক্লোরিন, আয়োডাইড, ব্রোমাইড, সাল্‌ফাইড প্রভৃতি আয়নকে যথাক্রমে আয়োডিন, ব্রোমিন ও সাল্‌ফারে পরিণত করে।

পরীক্ষা : (১) একটি পরীক্ষানলে কিছু পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ ও কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) লইয়া তাহাতে 2/3 সি. সি. ক্লোরিন-জল দিয়া ঝাঁকাইলে দেখা যাইবে কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডের স্তরটি ঘোর বেগুনী হইয়া গিয়াছে। ক্লোরিন কর্তৃক পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) হইতে নির্গত আয়োডাইড কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রবীভূত হওয়ার জন্যই এরূপ হইয়াছে।

$$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$$

(২) উপরের পরীক্ষায় পটাসিয়াম আয়োডাইডের পরিবর্তে পটাসিয়াম ব্রোমাইড লইলে ব্রোমিন দ্রবীভূত হওয়ার ফলে কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড (CS_2) স্তরের রং বাদামী হয়।

$$2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$$

(গ) একটি পরীক্ষানলে ক্লোরিন-জল লইয়া তাহার মধ্যে হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে সাদা সাল্‌ফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$H_2S+Cl_2=2HCl+S$$

(ঘ) **ধাতব আয়ন :** ফেবাস্ আয়নকে ক্লোরিন ফেরিক আয়নে পরিণত করে। $2FeCl_2+Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$

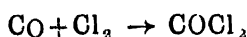
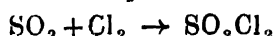
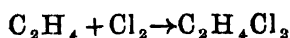
(ঙ) কার্বন মনোক্সাইড (CO), সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), ইথিলীন (C_2H_4) প্রভৃতি যৌগিক পদার্থেব সহিত ক্লোরিনেব প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে।

$$CO+Cl_2 \rightarrow COCl_2$$

(ফস্‌জীন গ্যাস বা কার্বনিল ক্লোরাইড)

$$SO_2+Cl_2 \rightarrow SO_2Cl_2$$

(সাল্‌ফিউবিক ক্লোরাইড)

$$C_2H_4+Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$$

(ডাই-ক্লোবো ইথেন)

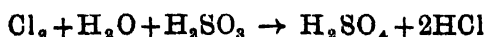
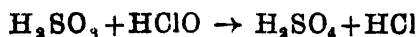
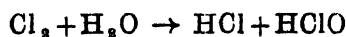
(চ) ক্লোরিনের জারকগুণ অনেকক্ষেত্রে জলের উপস্থিতির উপব নির্ভরশীল। যেমন, জলীয় দ্রবণে সাল্‌ফিউবাস অ্যাসিড (H_2SO_3) ক্লোরিন কর্তৃক সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) পরিণত হয়।

$$H_2SO_3+Cl_2+H_2O=H_2SO_4+2HCl$$

এ ক্ষেত্রে প্রকৃত জারক, কিন্তু ক্লোরিন জলস্থিত হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড ($HClO$)।

$$Cl_2+H_2O \rightarrow HCl+\underline{HClO}$$

$$H_2SO_3+\underline{HClO} \rightarrow H_2SO_4+HCl$$

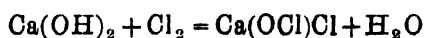
$$Cl_2+H_2O+H_2SO_3 \rightarrow H_2SO_4+2HCl$$

ক্লোরিনের **বিরঞ্জকগুণের** কথা তোমরা বোধহয় শুনিয়া থাকিবে। নানা উদ্ভিজ্জ রং ক্লোরিন-গ্যাসের সংস্পর্শে বিরঞ্জিত হইয়া যায়। আসলে, জারিত হওয়ার জন্যই রংটির এই পরিবর্তন ঘটে। এ ক্ষেত্রেও প্রকৃত

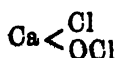
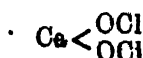
জারক হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড। এইজন্য শুষ্ক অবস্থায় ক্লোরিনের কোনো বিরঞ্জক-গুণ দেখা যায় না।

পরীক্ষা ঃ একটি গ্যাস-জারের তলদেশে কিছু গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া জারটি শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে পূর্ণ করা হয়। অতঃপর জারটির মধ্যে একটি শুষ্ক রঙীন বস্ত্রখণ্ড ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে কয়েক দিন রাখিলেও বস্ত্রখণ্ডটির রংয়ের বিশেষ কোনো পরিবর্তন দেখা যাইবে না। বিশেষ কোনো-রূপ শুষ্ক না করিয়া আর একটি ক্লোরিন-গ্যাসপূর্ণ জারে একখণ্ড আর্দ্র রঙীন বস্ত্রখণ্ড ঝুলাইয়া দিলে অনতিবিলম্বেই বস্ত্রখণ্ডটি বিরঞ্জিত হইয়া যাইবে। একটি লিট্‌মাস কাগজ, একটি রঙীন ফুল ও এক টুকরা খবরের কাগজে কিছু লিখিয়া এই জারে ফেলিয়া দিলে দেখা যায় ফুল, লিট্‌মাস ও লেখার কালি বিরঞ্জিত হইয়াছে, কিন্তু ছাপার কালির কোনো পরিবর্তন হয় নাই। কারণ, ছাপার কালিতে যে কার্বন আছে, হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড দ্বারা তাহা জারিত হয় না।

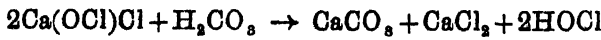
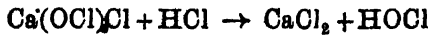
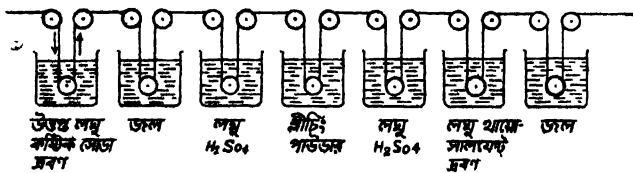
উপরের পরীক্ষা হইতে আরও বুঝা গেল যে, জলের সাহায্য ব্যতীত ক্লোরিনের কোনো বিরঞ্জক-গুণ নাই।

ব্লীচিং পাউডার (Bleaching Powder)ঃ বস্ত্রাদি বিরঞ্জন ও পানীয় জল শোধনের জন্য প্রচুর ক্লোরিনের প্রয়োজন হয়। এই সকল কার্যে প্রয়োজন মত ক্লোরিন সরবরাহের জন্য সাধারণত ব্লীচিং পাউডার ব্যবহার করা হয়। 40°-45° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় শুষ্ক কলিচুনের [$Ca(OH)_2$] উপর শুষ্ক ক্লোরিন-গ্যাস প্রবাহিত করিলে ব্লীচিং পাউডার উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = \underset{\text{ব্লীচিং পাউডার}}{Ca(OCl)Cl} + H_2O$$

ব্লীচিং পাউডার ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) নহে; হাইপোক্লোরাইট [$Ca(OCl)_2$]ও নহে, ইহা উভয়ের মধ্যবর্তী একটি লবণ।

$$Ca<^{Cl}_{Cl} \qquad Ca<^{Cl}_{OCl} \qquad Ca<^{OCl}_{OCl}$$

ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড ব্লীচিং পাউডার ক্যাল্‌সিয়াম হাইপোক্লোরাইট

কোনো অ্যাসিডের (এমন কি কার্বনিক অ্যাসিডের ন্যায় মৃদু অ্যাসিডের) সংস্পর্শে আসিলেই ইহা হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড নির্গত হয়।

$$Ca(OCl)Cl + HCl \rightarrow CaCl_2 + HOCl$$

$$2Ca(OCl)Cl + H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + CaCl_2 + 2HOCl$$

বিরঞ্জন : কার্পাসজাত বস্ত্রাদি প্রথম অবস্থায় খুব সাদা থাকে না, ঈষৎ পীতাভ থাকে। সেইজন্য বস্ত্রাদি ব্লীচিং পাউডার দ্বারা বিরঞ্জিত করা হয়। কার্পাস বস্ত্রের উপর ট্যানিন ও মোম জাতীয় যে সমস্ত পদার্থের আস্তরণ থাকে, সেগুলি দ্রবীভূত না করিলে সমস্ত অংশ সমান ভাবে বিরঞ্জিত হয় না। সেইজন্য প্রথমে বস্ত্রগুলি লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়া লইয়া গিয়া জলে উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। তৎপর ক্রমান্বয়ে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ব্লীচিং পাউডার ও পুনরায় লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া লইয়া গিয়া শেষে জলপূর্ণ চৌবাচ্চায় উত্তমরূপে ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়।

৯৫নং চিত্র—কার্পাস বস্ত্র বিরঞ্জন

বস্ত্রটি উত্তমরূপে ধৌত না করিলে যদি উহাতে কিছু হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড থাকিয়া যায়, তবে তাহা পরে কাপড় নষ্ট করিয়া ফেলে। সম্পূর্ণভাবে ক্লোরিন নষ্ট করিবার জন্য জলে ধৌত করার আগে ইহাকে একটি লঘু থাইওসালফেট (হাইপো) দ্রবণের মধ্যে চুবাইয়া লওয়া হয়। তাহাতে সমস্ত ক্লোরিন দূর হইয়া যায়। রেশম ও পশমের জিনিস ব্লীচিং পাউডার কর্তৃক আক্রান্ত হয়, সেইজন্য ইহাদের ক্ষেত্রে ব্লীচিং পাউডারের ব্যবহার বাঞ্ছনীয় নহে।

ক্লোরিনের পরীক্ষা : স্টার্চ ও পটাসিয়াম-আইওডাইড-সিক্ত এক টুকরা কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরিলে ইহা নীল হইয়া যায়।

ক্লোরিনের ব্যবহার : ব্লীচিং পাউডার হিসাবে বস্ত্র ও কাগজশিল্পে

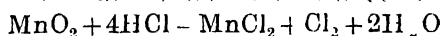
প্রচুর ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া পানীয় জল জীবাণুমুক্ত করার জন্যও ইহার ব্যবহার কম নহে।

পটাসিয়াম ক্লোরেট, ক্লোরোফর্ম, মিথাইল ক্লোরাইড, গ্যামেক্সেন, ডি.ডি.টি. প্রভৃতি প্রয়োজনীয় ক্লোরিন-যৌগ প্রস্তুতির জন্য এবং বীজ-বারক ঔষধ (Antiseptic medicines) প্রস্তুতি প্রভৃতিতেও ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। ফস্‌জীন ($COCl_2$), মাস্টার্ড প্রভৃতি যুদ্ধে ব্যবহৃত বিষাক্ত গ্যাস এবং ক্লোরোপিক্রিন প্রভৃতি কাঁদুনে গ্যাস (টিয়ার গ্যাস) প্রস্তুত করিতেও ক্লোরিনের প্রয়োজন হয়।

ক্লোরিন শিল্প : বর্তমান যুগে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ দ্বারা কস্টিক সোডা প্রস্তুতকালে, অথবা গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনকালে অতিরিক্ত উৎপন্ন দ্রব্য হিসাবে প্রচুর ক্লোরিন পাওয়া যায় বলিয়া ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য পৃথক আর কোনো শিল্পের প্রয়োজন হয় না। ক্লোরিন সাধারণত উচ্চ চাপে তরল করিয়া স্টীলের চোঙায় পুরিয়া স্থানান্তরে প্রেরণ করা হয়।

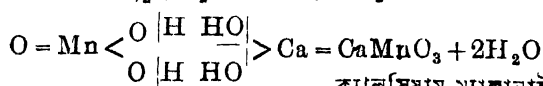
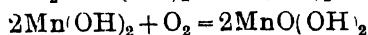
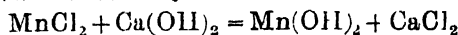
পূর্বে ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য ওয়েল্ডন ও ডীকন নামে দুইটি পদ্ধতি প্রচলিত ছিল।

ওয়েল্ডন পদ্ধতি Weldon Process : ল্যাবরেটরি পদ্ধতির ন্যায় এই পদ্ধতিতে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে পাইরোলুসাইট (অবিশুদ্ধ খনিজ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড) দ্বারা জারিত করা হইত।

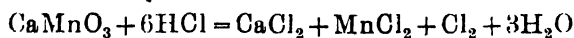
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

ওয়েল্ডন এই পরিত্যক্ত ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড ($MnCl_2$)কে এমন এক পদার্থে রূপান্তরিত করেন যাহা ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে ব্যবহৃত হইতে পারে। এইজন্য ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড দ্রবণটিকে প্রশমিত করিয়া তাহাতে কিছু অতিরিক্ত চুনজল মিশ্রিত করা হয়, এবং উত্তপ্ত মিশ্রণটির মধ্যদিয়া বায়ু পরিচালিত করা হয়।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$

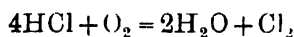
$$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO(OH)_2$$

$$O = Mn \begin{matrix} O \\ O \end{matrix} \left| \begin{matrix} H & HO \\ H & HO \end{matrix} \right| > Ca = CaMnO_3 + 2H_2O$$

ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট

ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট কালো কাদার মত নীচে পড়িয়া থাকে। ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য নূতন ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে এই কাদাটি (Weldon's mud) ব্যবহৃত হইত।

$$CaMnO_3+6HCl=CaCl_2+MnCl_2+Cl_2+3H_2O$$

ডীকন পদ্ধতি (Deacon's Process) ঃ

এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে বায়ুস্থ অক্সিজেনের দ্বারা জারিত করিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা হইত। 450° উষ্ণতায় কপার ক্লোরাইড ($CuCl_2$) প্রভাবকের সাহায্যে এই জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

$$4HCl+O_2=2H_2O+Cl_2$$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও বাতাসের একটি মিশ্রণকে লোহনলের মধ্যে 200° সেঃ গ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া 450° সেঃ গ্রেডে রক্ষিত একটি বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করানো হয়। এই প্রকোষ্ঠে কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণসিক্ত ঝামা-ইটের টুকরা থাকে। এখানে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বেশকিছু অংশ জারিত হইয়া ক্লোরিনে পরিণত হয়। অতঃপর গ্যাস-মিশ্রণটি জল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ধৌত করিয়া ক্লোরিন গ্যাস সঞ্চয় করা হয়। ডীকন-ক্লোরিনে প্রচুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে, কিন্তু ওয়েল্ডন অপেক্ষা ইহাতে খরচ অনেক কম পড়িত বলিয়া ব্লীচিং পাউডার প্রস্তুতির জন্য ইহা ব্যবহৃত হইত।

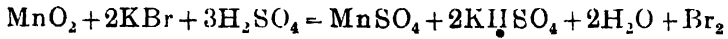
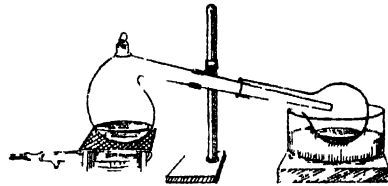
ব্রোমিন Br_2

[পারমাণবিক গুরুত্ব = 79·9 পরমাণু ক্রমাঙ্ক = 35]

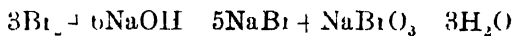
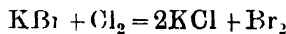
জার্মানির স্টাসফার্ট লবণ-স্তূপে সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড হিসাবে ব্রোমিন পাওয়া যায়। সমুদ্রের জলে কিছু পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড পাওয়া যায়।

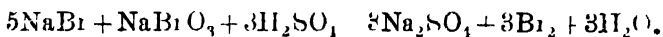
ব্রোমিন প্রস্তুতি ঃ রসায়নাগারে পটাসিয়াম ব্রোমাইড বা অন্য যে কোনো ব্রোমাইডের সহিত ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে

ব্রোমিনের গাঢ় বাদামী বাষ্প গিয়া গ্রাহক-কূপীতে লাল তরল পদার্থে পরিণত হয়।

$$MnO_2 + 2KBr + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

শিল্পপদ্ধতি: সমুদ্রের জল হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি কেলাসিত করিবার পর এবং স্ট্যাসফার্ট লবণ হইতে বিভিন্ন ক্লোরাইড কেলাসিত করিলে যে শেষদ্রব পড়িয়া থাকে তাহাতে যে সামান্য ব্রোমাইড থাকে, তাহা হইতেই ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়। এই উদ্দেশ্যে সামান্য সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত সমুদ্র-জলে বা স্ট্যাসফার্টের শেষদ্রবের মধ্যদিয়া ক্লোরিন গ্যাস ও বায়ু প্রবাহিত করা হয়। ক্লোরিনের সংস্পর্শে ব্রোমাইড ব্রোমিনে পরিণত হয় এবং বায়ুর সাহায্যে তাহাকে বাষ্পাকারে লইয়া ঈষৎ উত্তপ্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত করা হয়।

৯০নং চিত্র—ব্রোমিন প্রস্তুত

$$KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$

$$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে ব্রোমিনের দ্রবণটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত করিয়া ঈষৎ উত্তপ্ত করিলে পুনরায় ব্রোমিন নির্গত হয়। এই ব্রোমিনকে শীতক-নলের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে অধিকাংশ ব্রোমিন তরলিত হইয়া যায়।

$$5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + 3Br_2 + 3H_2O.$$

এই পদ্ধতিতে প্রথম পর্যায়ে ক্লোরিন দ্বারা ব্রোমিন পাওয়া সত্ত্বেও সেই ব্রোমিনকে পুনরায় কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া পরে অ্যাসিডের সাহায্যে ব্রোমিন পুনরুদ্ধার করা হয়। কারণ, প্রথমে যে ব্রোমিন পাওয়া যায় তাহার অধিকাংশই বাতাস ও জলীয় বাষ্প, ব্রোমিনের

ভাগ তাহাতে অল্পই থাকে। কস্টিক সোডায় দ্রবীভূত ব্রোমিনে অ্যাসিড দিলে ব্রোমিন প্রায় বিশুদ্ধ অবস্থায় নির্গত হয়।

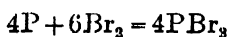
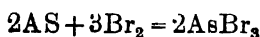
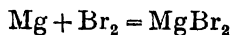
ব্রোমিনের ধর্মঃ ব্রোমিন গাঢ় লাল, ঘন, তরল পদার্থ। অধাতুর মধ্যে একমাত্র ব্রোমিনই সাধারণ উষ্ণতায় তরল। তরল ব্রোমিন হইতে সর্বদা শ্বাসরোধক, তীব্র গন্ধযুক্ত গাঢ় বাদামী বাষ্প নির্গত হয। **ব্রোমিন অত্যন্ত বিষাক্ত** এবং শরীরের কোনো অংশের সংস্পর্শে আসিলে ইহা গভীর ক্ষতের সৃষ্টি করে। নিঃশ্বাসের সহিত ব্রোমিন বাষ্প গ্রহণ করিলে ফুসফুস ও শ্বাসনালীর প্রাদাহের ফলে জীবন পর্যন্ত বিপন্ন হইতে পারে।

ক্লোরিন অপেক্ষা ব্রোমিনের জলে দ্রাব্যতা কিছু অধিক। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে 'ব্রোমিন জল' বলে। জল ছাড়া কোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম, কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড প্রভৃতিতেও ব্রোমিন অল্পবিস্তর দ্রবণীয়।

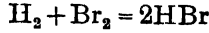
রাসায়নিক ধর্মঃ রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা ক্লোরিন অপেক্ষা কিছু কম হইলেও ব্রোমিন এবং ক্লোরিনের রাসায়নিক ধর্মে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিনও অধিকাংশ ধাতু ও অধাতুর সহিত সংযুক্ত হইয়া ব্রোমাইড উৎপন্ন করে। ধাতুর মধ্যে কেবলমাত্র প্লাটিনাম ও গোল্ড, এবং অধাতুর মধ্যে ক্লোরিন, কার্বন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সহিত ব্রোমিনের কোনো প্রত্যক্ষ সংযোগ হয় না। ফস্‌ফরাসের সহিত ফস্‌ফরাস ট্রাই ও পেন্টা ব্রোমাইড (PBr_3 ও PBr_5), ও সাল্‌ফারের সহিত সাল্‌ফার মনোব্রোমাইড (S_2Br_2) হয়। ফ্লুওরিন ও আয়োডিনের সহিতও ইহার রাসায়নিক সংযোগ হইয়া থাকে।

$$Mg + Br_2 = MgBr_2$$

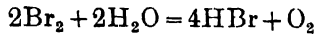
$$2AS + 3Br_2 = 2AsBr_3$$

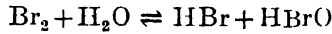
$$4P + 6Br_2 = 4PBr_3$$

পরীক্ষাঃ ব্রোমিন-বাষ্পপূর্ণ একটি জারে আর্সেনিকচূর্ণ নিক্ষেপ করিলে চূর্ণগুলি জ্বলিয়া উঠিবে, এবং আর্সেনিক ব্রোমাইড উৎপন্ন হইবে।

ব্রোমিনের হাইড্রোজেন আসক্তি ক্লোরিন অপেক্ষা কম। হাইড্রোজেন ও ব্রোমিনের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে তবে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Br_2 = 2HBr$$

পরীক্ষা: ব্রোমিনপূর্ণ একটি গ্যাস-জারে জ্বলন্ত হাইড্রোজেন শিখা প্রবিষ্ট করাইলে শিখাটি জ্বলিতে থাকিবে।

ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ অন্ধকারে বেশ স্থায়ী হইলেও প্রখর সূর্যালোকে ইহা হইতে অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$$

সাধারণ অবস্থায় জলের সহিত ব্রোমিনের রাসায়নিক ক্রিয়া ক্লোরিন অপেক্ষা কম হইলেও ইহার জলীয় দ্রবণে কিছু হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Br_2 + H_2O \rightleftharpoons HBr + HBrO$$

ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে শীতক-মিশ্রণে (Freezing mixture ; লবণ ও বরফের মিশ্রণ ; ইহা বরফ অপেক্ষাও অধিক শীতল) ঠাণ্ডা করিলে ইহা হইতে ব্রোমিন হাইড্রেট ($Br_2, 10H_2O$) কেলাসিত হয়।

ক্ষার-দ্রবণ:

ক্ষারদ্রবণের সহিত ব্রোমিনের রাসায়নিক ক্রিয়া ক্লোরিনের অনুরূপ। সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট এবং অধিকতর উষ্ণতায় ব্রোমাইড ও ব্রোমেট উৎপন্ন হয়।

$$Br_2 + 2NaOH = NaBr + NaOBr + H_2O$$

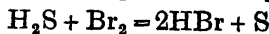
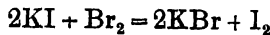
(সাধারণ উষ্ণতায়)

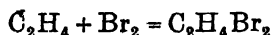
$$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$$

(উচ্চতর উষ্ণতায়)

জারকগুণ: ক্লোরিন অপেক্ষা কম হইলেও ব্রোমিনের অল্পবিস্তর জারকগুণ আছে। ইহা আয়োডাইডকে আয়োডিন এবং সালফাইডকে সালফারে পরিণত করে।

$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

$$H_2S + Br_2 = 2HBr + S$$

ইথিলিন (C_2H_4) প্রভৃতি অপরিপৃক্ত (unsaturated) যৌগের সহিত ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিনও প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হয়।

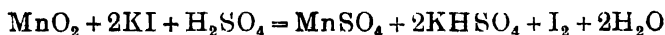
$$C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$$

ব্রোমিনের পরীক্ষা : লাল রং ও ঝাঁঝালো গন্ধই ব্রোমিনের অস্তিত্বের যথেষ্ট পরিচায়ক। তা'ছাড়া কার্বন-ডাই-সাল্‌ফাইডের সহিত ঝাঁকাইলে কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডের রং বাদামী হইয়া যায়, এবং স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড-সিক্ত কাগজ ব্রোমিনে ধরিলে কাগজের রং নীল হইয়া যায়।

ব্রোমিনের ব্যবহার : নানাপ্রকার রঞ্জনদ্রব্য, ঔষধ, ইথিলিন ব্রোমাইড, আলোকচিত্র ফলক, কাঁদুনে গ্যাস প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ব্রোমিন ব্যবহৃত হয়।

আয়োডিন I_2

[পারমাণবিক গুরুত্ব = 126·92 পরমাণু ক্রমাঙ্ক = 53]

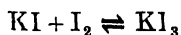
আয়োডিন প্রস্তুতি (রসায়নাগার পদ্ধতি) : পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI), ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) এবং গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া বকযন্ত্রে উত্তপ্ত করিলে সুন্দর বেগুনী ধোঁয়ার ন্যায় আয়োডিন বাষ্প নির্গত হইয়া গ্রাহক-যন্ত্রে উজ্জ্বল স্ফটিকাকারে সঞ্চিত হয়।

$$MnO_2 + 2KI + H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + I_2 + 2H_2O$$

আয়োডিনের ধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় আয়োডিন উজ্জ্বল কৃষ্ণ স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। ইহার গলনাঙ্ক 114° এবং স্ফুটনাঙ্ক 184° হইলেও ইহা তদপেক্ষা অনেক কম উষ্ণতায় বেগুনী রং-এর বাষ্পে পরিণত হয়, এবং এই বাষ্প শীতল করিলে ইহা পুনরায় কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। অর্থাৎ, আয়োডিনের ঊর্ধ্বপাতন (Sublimation) গুণ দেখা যায়।

পরীক্ষা : একটি বেসিনে কিছু আয়োডিন লইয়া তাহার উপর একটি ফানেল উপুড় করিয়া দাও। শোষক কাগজের সাহায্যে ফানেলের উপরের গাত্র শীতল রাখিয়া বেসিনটি বালু-খোলায় উত্তপ্ত করিলে বেগুনী আয়োডিন-বাষ্প গিয়া ফানেলের গাত্রে সঞ্চিত হইবে।

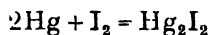
জলে আয়োডিনের দ্রাব্যতা খুব কম হইলেও পটাসিয়াম আঁয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ইহা সহজেই দ্রবীভূত হয়।

পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষানলে কিছু আয়োডিনচূর্ণ লইয়া তাহাতে জল দিয়া নাড়িতে থাক। আয়োডিনের অতি সামান্য অংশই জলে দ্রবীভূত হইবে, এবং জলের রং ঈষৎ পীতবর্ণ হইবে। এখন জলে অল্প একটু পটাসিয়াম আয়োডাইড দিয়া ভাল করিয়া নাড়িয়া দিলে দেখিবে, সমস্ত আযোডিন দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণটি গাঢ় বাদামী বর্ণ ধারণ করিয়াছে। এই দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত আয়োডিন সংযুক্ত হইয়া একটি অস্থায়ী যৌগিক পদার্থে (KI_3) পরিণত হয়।

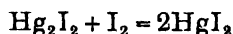
$$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$$

কোহল, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4), ক্লোরোফর্ম, কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড প্রভৃতিতে আযোডিন দ্রবণীয়। ডাক্তারেরা যে টিংচার আয়োডিন ব্যবহার করেন তাহা কোহলে আয়োডিনের দ্রবণ।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ ক্লোরিন ও ব্রোমিনের সহিত অনেক বিষয়ে সাদৃশ্য থাকিলেও তাহাদের উভয়ের অপেক্ষা আয়োডিনের রাসায়নিক সক্রিয়তা অনেকাংশেই কম। অনেক ধাতু ও কতকগুলি অধাতু, যেমন—ফস্‌ফরাস ও অন্যান্য হ্যালোজেনের সহিত আয়োডিনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে।

পরীক্ষা ঃ একটি খলে (Mortar) অল্প আয়োডিনের সহিত অতিরিক্ত পারদ লইয়া ঘষিতে থাকিলে সবুজ রংএর মার্‌কিউরাস আয়োডাইড (Hg_2I_2) পাওয়া যাইবে।

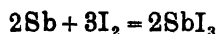
$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2$$

(সবুজ)

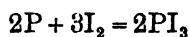
আয়োডিনের পরিমাণ বৃদ্ধি করিলে লাল মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হইবে।

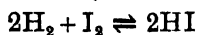
$$Hg_2I_2 + I_2 = 2HgI_2$$

(লাল)

পরীক্ষা ঃ একটি উত্তপ্ত গ্যাস-জারে বা গোল-কুপীতে এক টুকরা

আয়োডিন ফেলিয়া দিলে জারটি বেগুনী ধোঁয়ায় পূর্ণ হইবে। এখন ইহাতে অ্যান্টিমনি (Sb)চূর্ণ নিক্ষেপ করিলে আয়োডিনের সংস্পর্শে আসা-মাত্র অ্যান্টিমনিতে আগুন ধরিয়া যাইবে।

$$2Sb + 3I_2 = 2SbI_3$$

পরীক্ষা: একটি বেসিনে এক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফরাস ও আয়োডিন একত্র করিলে ফস্‌ফরাস ও আয়োডিনের মধ্যে প্রচণ্ড রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে এত তাপ উৎপন্ন হইবে যে, মিশ্রণটি অগ্নিশিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিতে থাকিবে।

$$2P + 3I_2 = 2PI_3$$

হাইড্রোজেনের উপর আয়োডিনের ক্রিয়া ব্রোমিন অপেক্ষাও মৃদু। হাই-ড্রোজেন এবং আয়োডিনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে ইহা **আংশিক ভাবে** হাইড্রোজেন আয়োডাইডে পরিণত হয়।

$$2H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

ক্ষারের সহিত ক্রিয়া: ক্ষারের সহিত আয়োডিনের ক্রিয়া ক্লোরিন ও ব্রোমিনের অনুরূপ হইলেও, আয়োডিনের ক্ষেত্রে হাইপো-আয়োডাইট এত অস্থায়ী হয় যে ঠাণ্ডা অবস্থাতেও ইহা আয়োডেটে পরিণত হয়।

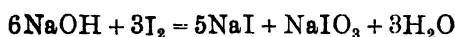
$$2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$$

লঘু শীতল দ্রবণ

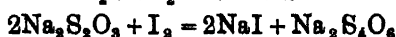
হাইপো-আয়োডাইটের স্থায়িত্ব খুব কম, সেইজন্য ঠাণ্ডা অবস্থাতেও ইহা সহজেই আয়োডেটে পরিণত হয়।

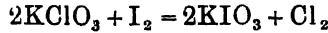
$$3NaOI = NaIO_3 + 2NaI$$

অধিকতর উষ্ণতায় এই পরিবর্তন আরও সহজে হয়।

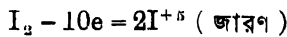
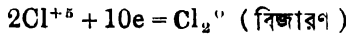
$$6NaOH + 3I_2 = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$

জারক-গুণ: আয়োডিনের জারণ-ক্ষমতা ব্রোমিন অপেক্ষাও কম; সেইজন্য ব্রোমিন আয়োডাইডকে আয়োডিন করে। আয়োডিন সাল্‌ফাইডকে সাল্‌ফার এবং সোডিয়াম থাইও-সাল্‌ফেটকে ($Na_2S_2O_3$) সোডিয়াম টেট্রা থায়োনেটে পরিণত করে।

$$H_2S + I_2 = 2HI + S$$

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = 2NaI + Na_2S_4O_6$$

আয়োডিনের ইলেক্‌ট্রন-আসক্তি ক্লোরিন বা ব্রোমিন অপেক্ষা কম বলিয়া ইহা ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডকে ক্লোরিন বা ব্রোমিনে পরিণত করিতে পারে না। কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেটের দ্রবণে আয়োডিন দিয়া উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম ক্লোরেট পটাসিয়াম আয়োডেটে পরিণত হয় এবং দ্রবণ হইতে ক্লোরিন নির্গত হয়।

$$2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$$

এ ক্ষেত্রে প্রকৃতপক্ষে আয়োডিন বিজারক হিসাবেই কার্য করিতেছে। কারণ, পটাসিয়াম ক্লোরেটে ক্লোরিনের জারণাবস্থা $+5$ ও ক্লোরিনে ইহা শূন্য। সুতরাং ক্লোরিন '$+5$' হইতে শূন্যে পরিণত হয়, এবং আয়োডিনের জারণাবস্থা শূন্য হইতে '$+5$'এ যায়।

$$2Cl^{+5} + 10e = Cl_2^{0} \text{ (বিজারণ)}$$

$$I_2 - 10e = 2I^{+5} \text{ (জারণ)}$$

অতএব, আসলে রাসায়নিক ক্রিয়াটি পটাস ক্লোরেট কর্তৃক আয়োডিনের জারণ।

আয়োডিনের পরীক্ষা: স্টার্চের সংস্পর্শে আসিলে আয়োডিন ঘোর নীলবর্ণ ধারণ করে। এই পরীক্ষা দ্বারা 5,000,000 ভাগ জলে এক ভাগ আয়োডিনের অস্তিত্ব ধরা সম্ভব।

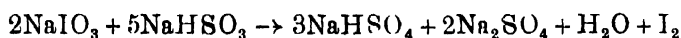
আয়োডিনের ব্যবহার: বীজঘ্ন ঔষধ হিসাবে ডাক্তারেরা টিংচার আয়োডিন ব্যবহার করেন। তা'ছাড়া আয়োডিনঘটিত ঔষধ আয়োডোফর্মও (CHI_3) ক্ষতাদির ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মানুষের থাইরয়েড গ্রন্থির থাইরক্সিনে (Thyroxin) আয়োডিন থাকে এবং খাদ্যে আয়োডিনের অভাব ঘটিলে গলগণ্ড (Goitre) নামক রোগ হয়। পটাসিয়াম আয়োডাইড ঔষধে ও সিল্‌ভার আয়োডাইড আলোক-চিত্র ফলকে ব্যবহৃত হয়।

আয়োডিন প্রস্তুতি (শিল্পপদ্ধতি):

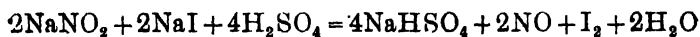
(১) **কেল্‌প্ বা সামুদ্রিক উদ্ভিদের ভস্ম হইতে:** অনেক সামুদ্রিক উদ্ভিদের মধ্যে আয়োডাইড হিসাবে কিছু পরিমাণ আয়োডিন থাকে।

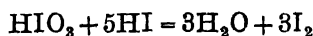
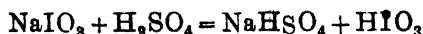
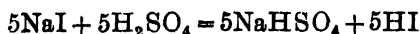
এই সমস্ত উদ্ভিদের ভস্ম উষ্ণ জলে দিয়া গাঢ় করিলে পটাসিয়াম সাল্‌ফেট, সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি কেলাসিত হয়, এবং শেষদ্রবে যে আয়োডাইড থাকে তাহাকে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত লৌহপাত্রে উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন বাষ্প নির্গত হয়, এবং উডেল্‌ (Udells) নামক পোড়ামাটির গ্রাহকে আয়োডিন সংগৃহীত হয়। এক টন কেল্প্‌ হইতে প্রায় 12 পাউণ্ড আয়োডিন পাওয়া যায়।

(২) **ক্যালিশ্‌ (Caliche) হইতেঃ** চিলির সল্ট্‌পিটার খনিতে সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত করিবার পর শেষদ্রবে যে সোডিয়াম আয়োডেট থাকে তাহা হইতেও আয়োডিন পাওয়া যায়। শেষদ্রবে নির্দিষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম বাই সাল্‌ফাইট দ্রবণ মিশ্রিত করিলে আয়োডিন পাওয়া যায়। এই আয়োডিন ছাঁকিয়া শুষ্ক করিয়া ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়।

$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 \rightarrow 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + H_2O + I_2$$

সোডিয়াম বাই-সাল্‌ফাইট আয়োডেটকে বিজারিত করিয়া আয়োডিনে পরিণত করে।

(৩) **পেট্রোলিয়ামখনিস্থ লবণ-জল হইতেঃ** পেট্রোলিয়াম খনির লবণজলে সোডিয়াম আয়োডাইড হিসাবে কিছু আয়োডিন থাকে। ইহাতে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে আয়োডিন পাওয়া যায়।

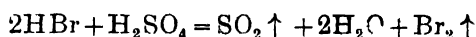
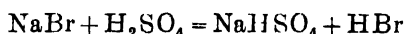
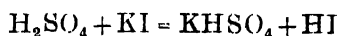
$$2NaNO_2 + 2NaI + 4H_2SO_4 = 4NaHSO_4 + 2NO + I_2 + 2H_2O$$

ইহাতে আয়োডিনের পরিমাণ খুব কম থাকে বলিয়া চারকোল এ শোষিত করিয়া আয়োডিন কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণটি লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত করিলে উহা হইতে আয়োডিন নির্গত হয়।

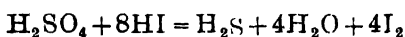
$$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$
$$5NaI + 5H_2SO_4 = 5NaHSO_4 + 5HI$$
$$NaIO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HIO_3$$
$$HIO_3 + 5HI = 3H_2O + 3I_2$$

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড (HBr)
ও
হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI)

ক্লোরাইডের উপর সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা যে ভাবে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়, হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও ব্রোমাইডের ক্ষেত্রে সেই উপায় প্রয়োগ করা সম্ভব হয় না। কারণ, এ ক্ষেত্রে ব্রোমাইড (Br^-) ও আয়োডাইড (I^-) আয়নের ইলেক্‌ট্রন-আসক্তি ক্লোরাইড (Cl^-) অপেক্ষা অনেক কম হওয়ায়, তাহারা সহজেই ইলেক্‌ট্রন ত্যাগ করিয়া সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড কর্তৃক ব্রোমিন ও আয়োডিনে জারিত হয়।

$$NaBr + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HBr$$
$$2HBr + H_2SO_4 = SO_2\uparrow + 2H_2O + Br_2\uparrow$$

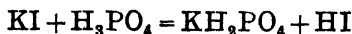
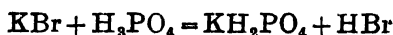
আবার,

$$H_2SO_4 + KI = KHSO_4 + HI$$

হাইড্রোজেন আয়োডাইডের বিজারক-গুণ হাইড্রোজেন ব্রোমাইড অপেক্ষা অধিক হওয়ায় ইহা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডকে হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডে পরিণত করে।

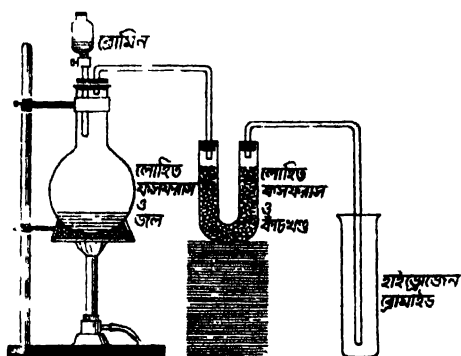
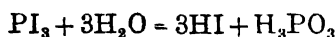
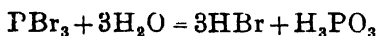
$$H_2SO_4 + 8HI = H_2S + 4H_2O + 4I_2$$

পরীক্ষা: দুইটি পরীক্ষানলের একটিতে কিছু সোডিয়াম ব্রোমাইড ও অন্যটিতে সোডিয়াম আয়োডাইড লইয়া উত্তপ্ত করিলে দেখিবে, প্রথমটি হইতে ব্রোমিনের গাঢ় বাদামী ধূম ও দ্বিতীয়টি হইতে আয়োডিনের বেগুনী ধূম নির্গত হইতেছে।

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ব্যবহার করিলে অবশ্য ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইড পাওয়া যায়।

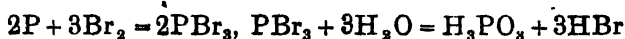
$$KBr + H_3PO_4 = KH_2PO_4 + HBr$$

$$KI + H_3PO_4 = KH_2PO_4 + HI$$

ফস্‌ফরাস ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের উপর জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে ল্যাবরেটরিতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$PBr_3 + 3H_2O = 3HBr + H_3PO_3$$

$$PI_3 + 3H_2O = 3HI + H_3PO_3$$

৯৭নং চিত্র—হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি

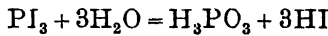
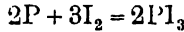
হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি : হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতির জন্য একটি গোল কাচকূপীতে লাল ফস্‌ফরাস ও জল লইয়া বিন্দু-পাতন ফানেলের সাহায্যে উপর হইতে বিন্দু বিন্দু করিয়া ব্রোমিন দেওয়া হয়। ফস্‌ফরাস ও ব্রোমিনের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে প্রথমে ফস্‌ফরাস ট্রাই-ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

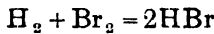
$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3,\ PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr$$

পরে ট্রাই-ব্রোমাইডের সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন

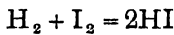
ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ব্রোমাইড নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া লাল ফস্‌ফরাসপূর্ণ এক U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া, বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়। লাল ফস্‌ফরাসের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে উদ্‌বায়ী ব্রোমিন বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়।

হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করিতে উপরিবর্ণিত ব্যবস্থার সামান্য একটু অদলবদল করিয়া লইতে হয়। এক্ষেত্রে, গোলকুপীতে লাল ফস্‌ফরাস ও আয়োডিন লইয়া উপর হইতে বিন্দু বিন্দু করিয়া জল দেওয়া হয়।

$$2P + 3I_2 = 2PI_3$$

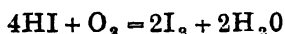
$$PI_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HI$$

সংশ্লেষিক-পদ্ধতি ঃ 200° সে. গ্রে. উষ্ণতায় প্লাটিনাম-জালি প্রভাবকের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও ব্রোমিন পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইডে পরিণত হয়।

$$H_2 + Br_2 = 2HBr$$

হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বাষ্প প্রায় 13 অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপে, 200° সে. গ্রে. উষ্ণতায় ক্রোমিক অ্যাসিড প্রভাবকের সাহায্যে হাইড্রোজেন আয়োডাইডে পরিণত হয়।

$$H_2 + I_2 = 2HI$$

ধর্ম ঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ন্যায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং আয়োডাইডও ঝাঁঝালোগন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহারা উভয়েই জলে দ্রবণীয়। ইহাদের মধ্যে হাইড্রোজেন আয়োডাইডের স্থায়িত্ব সর্বাপেক্ষা কম। মাত্র 180°তে ইহা হাইড্রোজেন ও আয়োডিনে বিযোজিত হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন-ব্রোমাইড প্রায় 800° পর্যন্ত, এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রায় 1500° পর্যন্ত অবিকৃত থাকে।

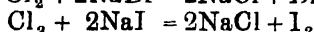
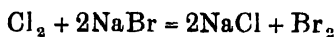
ইহাদের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বলে। হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের স্থায়িত্ব কম বলিয়া কিছুদিন

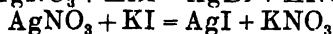
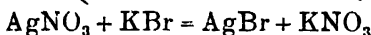
রাখিয়া দিলে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা আংশিক ভাবে জারিত হইয়া ইহা আয়োডিনে পরিণত হয়।

$$4HI + O_2 = 2I_2 + 2H_2O$$

হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের ধাতব লবণকে ব্রোমাইড ও আয়োডাইড বলে।

কেবলমাত্র লেড্, মার্‌কারি (মার্‌কিউরাস) ও সিল্‌ভার ব্যতীত সমস্ত ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড জলে দ্রবণীয়।

আয়োডাইড ও ব্রোমাইড দ্রবণে ক্লোরিন-জল দিলে আয়োডিন ও ব্রোমিন নির্গত হয়।

$$Cl_2 + 2NaBr = 2NaCl + Br_2$$
$$Cl_2 + 2NaI = 2NaCl + I_2$$

সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যথাক্রমে ঈষৎ পীতাভ ও পীতাভ সিল্‌ভার ব্রোমাইড ও আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$AgNO_3 + KBr = AgBr + KNO_3$$
$$AgNO_3 + KI = AgI + KNO_3$$

পরীক্ষা : ব্রোমাইড দ্রবণের সহিত কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড ও ক্লোরিন-জল লইয়া উত্তমরূপে নাড়িয়া দিলে কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড স্তরটি বাদামী রং ধারণ করে।

আয়োডাইডের সহিত কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড ও ক্লোরিন-জল নাড়িয়া দিলে কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড স্তরটি বেগুনী হইয়া যায়।

সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণ উভয়ক্ষেত্রেই অধঃক্ষেপ দেয়, কিন্তু ব্রোমাইডের বেলা অধঃক্ষেপটি ঈষৎ পীতাভ শ্বেত, আর আয়োডাইডের পীতাভ।

পরপৃষ্ঠার তালিকায় তিনটি হ্যালোজেন অ্যাসিডের একটি তুলনামূলক আলোচনা দেওয়া হইল।

ফ্লুওরিন ও হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড

ফ্লুওরিন (F_2)

[পারমাণবিক গুরুত্ব = 19·00 পরমাণুক্রমাঙ্ক = 9]

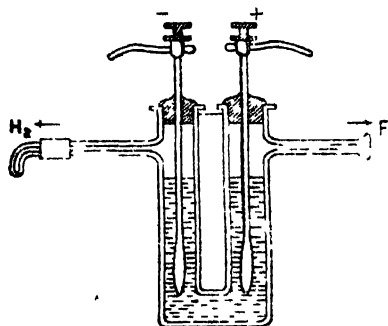
হ্যালোজেন গোষ্ঠীর মধ্যে ফ্লুওরিনের স্থান সবার ঊর্ধ্বে হইলেও ইহা সর্বাপেক্ষা নবাগত।

ধর্ম	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)	হাইড্রোজেন ব্রোমাইড (HBr)	হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI)
সাধারণ অবস্থায়	গ্যাস	গ্যাস	গ্যাস
জলে দ্রাব্যতা	দ্রাব্য, দ্রবণটি তীব্র অ্যাসিড	দ্রাব্য, দ্রবণটি তীব্র অ্যাসিড	দ্রাব্য, দ্রবণটি তীব্র অ্যাসিড
স্থায়িত্ব	1500°তে বিযোজন সুরু হয়	৮00 তে বিযোজিত হয়	180°তে বিযোজিত হয়
বিজারণ ক্ষমতা	MnO_2, $KMnO_4$ প্রভৃতি কর্তৃক জারিত হয়	ক্লোরিন, সালফিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতি ইহাকে জারিত করে	যথেষ্ট বিজারণ-ক্ষমতা আছে। প্রায় সমস্ত জারক কর্তৃক সহজেই জারিত হয়; এমন কি বায়ুস্থ অক্সিজেনও ইহাকে জারিত করে
ধাতব লবণের দ্রাব্যতা	সিল্‌ভার, লেড ও মার্কারি ব্যতীত সমস্ত লবণ জলে দ্রাব্য	সিল্‌ভার, লেড্ ও মার্কারি ব্যতীত সমস্ত ব্রোমাইড জলে দ্রাব্য	সিল্‌ভার, লেড্ ও মার্কারি ব্যতীত সমস্ত আয়োডাইড জলে দ্রাব্য
সিল্‌ভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত ক্রিয়া*	ছানার মত সাদা অধঃক্ষেপ, লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যামোনিয়ায় দ্রবণীয়	ঈষৎ পীত, সাদা অধঃক্ষেপ, লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যামোনিয়ায় আংশিক দ্রাব্য	পীতাভ অধঃক্ষেপ, লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়ায় অদ্রবণীয়

মৌলসমূহের মধ্যে ফ্লুওরিনের রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা সর্বাধিক ; সুতরাং প্রকৃতিতে কখনো মৌলাবস্থায় ফ্লুওরিন পাওয়া যায় না। খনিজ পদার্থের মধ্যে ফ্লুওরস্পারে ক্যাল্‌সিয়াম ফ্লুওরাইড (CaF_2) ও ক্রায়োলাইটে সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুওরাইড (Na_3AlF_6) হিসাবে ফ্লুওরিন থাকে।

প্রস্তুতি (ময়সাঁ পদ্ধতি)ঃ ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদির ন্যায় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফ্লুওরাইড উত্তপ্ত করিয়া ফ্লুওরিন প্রস্তুত করা সম্ভব নহে। কারণ ফ্লুওরাইডের (F^-) ইলেক্‌ট্রন-আসক্তি এত তীব্র যে কোনো রাসায়নিক জারকই ইহা হইতে ইলেক্‌ট্রন টানিয়া লইতে পারে না। সেইজন্য **ময়সাঁ** (Moissan) তড়িদ্‌প্রবাহের সাহায্যে ফ্লুওরাইডকে ফ্লুওরিনে পরিণত করার চেষ্টা করেন

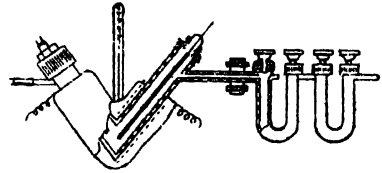
$$2F^- - 2e = F_2$$

কিন্তু, এই তড়িদ্‌-বিশ্লেষণে ময়সাঁকে প্রচুর বাধার সম্মুখীন হইতে হইয়াছিল। হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের জলীয় দ্রবণ লইয়া তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ করিলে ফ্লুওরিন উৎপন্ন না হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয় ; আবার জল শূন্য হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড তড়িৎ অপরিবাহী। তা'ছাড়া ফ্লুওরিনের রাসায়নিক সক্রিয়তা এত বেশী যে, কাচ প্রভৃতি সকলপ্রকার পাত্রকে ইহা আক্রমণ করে।

এই সকল বাধা অতিক্রম করিয়া ময়সাঁ প্লাটিনাম ওইরিডিয়াম ধাতুসংকর-নির্মিত পাত্রে, নিরুদক হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডে পটাসিযাম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড (KHF_2) দ্রবণের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ দ্বারা প্রথম ফ্লুওরিন প্রস্তুত করেন।

৯৮নং চিত্র—ফ্লুওরিন-প্রস্তুতি (ময়সাঁ পদ্ধতি)

আধুনিক পদ্ধতি ঃ আধুনিক পদ্ধতিতে প্লাটিনাম ইরিডিয়ামের পরিবর্তে

V-আকারের তাম্রপাত্রে গলিত পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ দ্বারা ফ্লুওরিন প্রস্তুত করা হয়। ফ্লুওরিন কপারকে আক্রমণ করিলেও অনতিবিলম্বেই ইহার গাত্রে কপার-ফ্লুওরাইডের একটি আস্তরণ পড়িয়া যায় বলিয়া পাত্রটির আর বেশী কিছু ক্ষতি হয় না।

V-পাত্রের চতুর্দিকে অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌ সিমেণ্টের মধ্যে বৈদ্যুতিক তার দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ পরিচালনা দ্বারা পাত্রটি উত্তপ্ত করা হয়। গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বার দুইটি বেকেলাইট সিমেণ্ট দ্বারা ফ্লুওরস্পার-নির্মিত ছিপির সহিত দৃঢ়বদ্ধ থাকে। বিদ্যুৎ পরিচালনার ফলে অ্যানোডে ফ্লুওরিন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন নির্গত হয়।

২৯নং চিত্র—ফ্লুওরিন-প্রস্তুতি (আধুনিক পদ্ধতি)

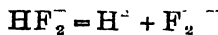
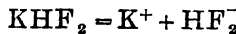
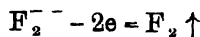
$$KHF_2 = K^+ + HF_2^-$$

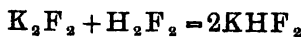
$$HF_2^- = H^+ + F_2^{--}$$

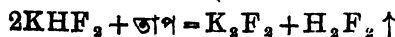
ক্যথোডে :—

$$2H^+ + 2e = H_2 \uparrow$$

অ্যানোডে :—

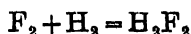
$$F_2^{--} - 2e = F_2 \uparrow$$

নির্গম-নল দিয়া বহিরাগত ফ্লুওরিনকে সোডিয়াম ফ্লুওরাইড (Na_2F_2)পূর্ণ কপার U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড হইতে মুক্ত করা হয়।

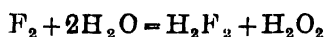
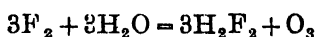
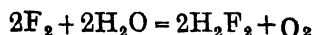
$$K_2F_2 + H_2F_2 = 2KHF_2$$

তাপ প্রয়োগের ফলে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের আংশিক বিযোজনের ফলে এই হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2KHF_2 + \text{তাপ} = K_2F_2 + H_2F_2 \uparrow$$

ফ্লুওরিনের ধর্ম : ফ্লুওরিন অতীব ক্রিয়াশীল গ্যাস এবং ক্লোরিন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ব্যতীত অন্য সমস্ত মৌলের সহিত ইহা প্রত্যক্ষভাবে

সংযুক্ত হয়। পরোক্ষভাবে ইহা অক্সিজেনের সহিত ফ্লুওরিন মনোক্সাইড (F_2O), ক্লোরিনের সহিত ClF, এবং নাইট্রোজেনের সহিত NF_3 প্রভৃতি যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে।

হাইড্রোজেন ও ফ্লুওরিনের মিশ্রণ সাধারণ উষ্ণতায় অন্ধকারে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ সহকারে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয়।

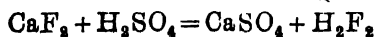
$$F_2 + H_2 = H_2F_2$$

জলের সহিত ফ্লুওরিনের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। কিছুটা হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ওজোন ইহার সহিত পাওয়া যায়।

$$2F_2 + 2H_2O = 2H_2F_2 + O_2$$
$$3F_2 + 3H_2O = 3H_2F_2 + O_3$$
$$F_2 + 2H_2O = H_2F_2 + H_2O_2$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের লঘু দ্রবণের মধ্য দিয়া ফ্লুওরিন প্রবাহিত করিলে ফ্লুওরিন অক্সাইড বা, ঠিকভাবে বলিতে গেলে, অক্সিজেন ফ্লুওরাইড পাওয়া যায়।

$$2F_2 + 2NaOH = 2NaF + F_2O\uparrow + H_2O$$

হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড (H_2F_2)

সীসা অথবা ঢালাই লোহার পাত্রে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্যাল্‌সিয়াম ফ্লুওরাইড উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয়।

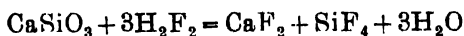
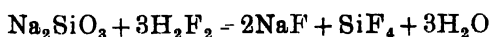
$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2F_2$$

সীসা-নির্মিত গ্রাহকপাত্রে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড জলে শোষিত করিয়া হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড করা হয়। হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের সহিত কাচের রাসায়নিক ক্রিয়া হয় বলিয়া ইহা কাচের পাত্রের পরিবর্তে সীসা, বেকেলাইট, রবার প্রভৃতির পাত্রে সংরক্ষিত হয়।

ধর্ম : হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ন্যায় হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডও ঝাঁঝালো-গন্ধবিশিষ্ট গ্যাস। ইহা জলে দ্রাব্য। **হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড অতীব বিষাক্ত।** গাত্রচর্মের সংস্পর্শে ইহা দুরারোগ্য ক্ষতের সৃষ্টি করে। সুতরাং ইহা ব্যবহারের সময় সাবধান হওয়া উচিত।

ফ্লুওরিন ও ফ্লুওরাইডের ব্যবহার : কাচের উপর লেখা বা চিহ্ন আঁকার জন্য হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। তা ছাড়া ফ্রীয়ন (Freon) টেফ্‌লন (Teflon) প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ফ্রীয়ন রেফ্রিজারেটরে লাগে এবং টেফ্‌লন একটি প্রয়োজনীয় প্লাস্টিক। দন্তের ক্ষয়রোগ নিবারণের জন্য ও বীজঘ্ন ঔষধ হিসাবে সোডিয়াম ফ্লুওরাইডের ব্যবহার আছে।

কাচ ও হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড : কাচের সহিত হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কাচ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। কাচ সোডিয়াম সিলিকেট ও ক্যাল্‌সিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণ। ইহাদের সহিত হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে সিলিকন টেট্রাফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Na_2SiO_3 + 3H_2F_2 = 2NaF + SiF_4 + 3H_2O$$

$$CaSiO_3 + 3H_2F_2 = CaF_2 + SiF_4 + 3H_2O$$

উদ্‌বায়ী সিলিকন টেট্রাফ্লুওরাইড (SiF_4) বাহির হইয়া যায়। কাচের সহিত উপরিবর্ণিত রাসায়নিক ক্রিয়ার জন্য হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড দ্বারা কাচপাত্রাদির উপর দাগ কাটা বা কিছু লেখা সম্ভব।

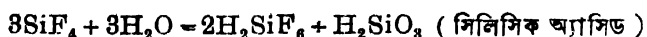
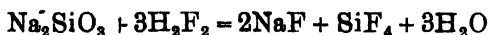
পরীক্ষা : একটি কাচ-ফলকের উপর পাতলা করিয়া মোমের আস্তরণ লাগাইয়া ধারালো কলম বা ছুরি দিয়া মোমের উপর কিছু লিখিয়া দাও তারপর কাচফলকটির উপর লঘু হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড দ্রবণ ঢালিয়া দাও। এখন অ্যাসিড ধুইয়া মোম তুলিয়া ফেলিলে দেখিবে, কাচের উপর লেখাটি উঠিয়া গিয়াছে।

ফ্লুওরাইডের পরীক্ষা : একটি পরীক্ষা-নলে কোনো ফ্লুওরাইড লইয়া

গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত কর। এখন নলের মুখে একটি জলসিক্ত কাচদণ্ড ধরিলে দেখিবে, কাচদণ্ডের গায়ে সাদা আস্তরণ পড়িয়াছে।

$$CaF_2 + H_2SO_4 = H_2F_2 + CaSO_4$$

$$Na_2SiO_3 + 3H_2F_2 = 2NaF + SiF_4 + 3H_2O$$

$$3SiF_4 + 3H_2O = 2H_2SiF_6 + H_2SiO_3$$ (সিলিসিক অ্যাসিড)

ফ্লুওরাইড : হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের ধাতব লবণগুলিকে ফ্লুওরাইড বলা হয়। সিল্‌ভার ক্লোরাইড প্রভৃতি জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু সিল্‌ভার ফ্লুওরাইড দ্রবণীয়। অপরপক্ষে, ক্যাল্‌সিয়াম ফ্লুওরাইড জলে অদ্রবণীয়, যদিও ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি জলে দ্রবণীয়।

হ্যালোজেনদের শ্রেণীগত ধর্ম—তুলনামূলক আলোচনা :

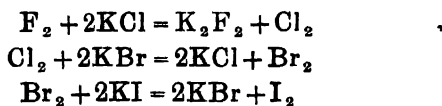
হ্যালোজেন ও তাহার বিভিন্ন যৌগ সম্বন্ধে এ পর্যন্ত যে আলোচনা করা হইয়াছে তাহাতে বুঝা যায় যে, উক্ত গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত মৌলগুলির রাসায়নিক ও ভৌত ধর্মে যথেষ্ট সাদৃশ্য বর্তমান। শুধু তাহাই নহে, ফ্লুওরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এই সকল ধর্মের একটা ক্রমবিকাশও লক্ষ্য করা যায়। উদাহরণস্বরূপ হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার উল্লেখ করা যাইতে পারে। ফ্লুওরিন ও হাইড্রোজেন সাধারণ উষ্ণতায় অন্ধকারে বিস্ফোরণ সহকারে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয়; ক্লোরিন ও হাইড্রোজেনের সংযোগ হয় সূর্যালোকে; ব্রোমিন ও হাইড্রোজেন উত্তপ্ত করিলে তবে রাসায়নিক সংযোগ ঘটে, এবং উত্তপ্ত করা সত্ত্বেও হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের সংযোগ কখনও সম্পূর্ণ হয় না। ইহাদের পরস্পরকে প্রতিস্থাপনের মধ্যেও এই একই ধারায় লক্ষ্য করা যায়। ফ্লুওরিন ক্লোরাইডকে (Cl^-) ক্লোরিনে পরিণত করে, ক্লোরিন করে ব্রোমাইডকে (Br^-) ব্রোমিন, এবং ব্রোমিন করে আয়োডাইডকে (I^-) আয়োডিন।

নিম্নে হ্যালোজেনদের ধর্মের একটি তুলনামূলক তালিকা দেওয়া হইল।

হ্যালোজেনদের ধর্মের তুলনামূলক তালিকা

ধর্ম	ফ্লুওরিন (F_2)	ক্লোরিন (Cl_2)	ব্রোমিন (Br_2)	আয়োডিন (I_2)
পারমাণবিক গুরুত্ব	19·0	35·5	80	127
পরমাণু ক্রমাঙ্ক	9	17	35	53
অবস্থা, বর্ণ ও গন্ধ	ঈষৎ পীত ঝাঁঝালো গ্যাস	ঈষৎ হরিতাভ পীত ঝাঁঝালো গ্যাস	ঘন লাল তরল পদার্থ ; বাষ্পে ঝাঁঝ আরও বেশী	উজ্জ্বল কৃষ্ণ কঠিন পদার্থ ; বেগুনী বাষ্পে ঝাঁঝ কম
হাইড্রোজেনের সহিত ক্রিয়া	খুব শীতল অবস্থায় অন্ধকারে বিস্ফোরণ সহকারে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয়	সূর্যালোকে সংযোগ হয়	উত্তপ্ত করিলে সংযোগ হয়	উত্তাপ ও প্রভাবকের সাহায্যে সংযোগ ঘটে
রাসায়নিক সক্রিয়তা	ফ্লুওরিন সর্বাধিক ক্রিয়াশীল, ইহা ক্লোরাইড-আয়ন হইতেও ইলেকট্রন টানিয়া ক্লোরাইডকে ক্লোরিনে পরিণত করে	ফ্লুওরিন অপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল : ইহা ব্রোমাইডকে ব্রোমিন করে	ক্লোরিন অপেক্ষা ক্রিয়াশীলতা কম : ইহা আয়োডাইডকে আয়োডিন করে	

হাইড্রাসিডের স্থায়িত্ব	কোন জারকই হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডকে জারিত করিতে পারে না	MnO_2, $KMnO_4$ প্রভৃতি কর্তৃক জারিত হয়, কিন্তু উত্তপ্ত করিলে সহজে বিযোজিত হয় না	উত্তপ্ত করিলে আংশিক বিযোজন ঘটে	হাইড্রোজেন ব্রোমাইড অপেক্ষাও সহজে বিযোজিত হয়; হাইড্রোজেন ব্রোমাইড অপেক্ষা বিজারণ-গুণ আরও অধিক, ইহা H_2SO_4কে বিজারিত করিয়া H_2S করে
জলের সহিত ক্রিয়া	HF ও ওজোন (O_3) উৎপন্ন করে	আংশিক দ্রবীভূত হয় ও কিছু আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে HCl ও HClO উৎপন্ন হয়	জলে দ্রাব্যতা এবং আর্দ্র-বিশ্লেষণ উভয়ই ক্লোরিন অপেক্ষা কম	জলে দ্রাব্যতা ব্রোমিন অপেক্ষাও কম, আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় না বলিলেও চলে
ক্ষারের সহিত ক্রিয়া (ক) শীতল অবস্থায় (খ) উষ্ণ অবস্থায়	F_2O এবং ফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয়; ফ্লুওরাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয়	ক্লোরাইড (Cl^-) এবং হাইপো-ক্লোরাইট (ClO^-) উৎপন্ন হয়; ক্লোরাইড (Cl^-) এবং ক্লোরেট (ClO_3^-)	ব্রোমাইড (Br^-) এবং হাইপোব্রোমাইট (BrO^-) উৎপন্ন হয়; ব্রোমাইড (Br^-) এবং ব্রোমেট (BrO_3)	আয়োডাইড (I) এবং হাইপোআয়োডাইট (IO) উৎপন্ন হয়; আয়োডাইড (I) এবং আয়োডেট (IO_3^-)

$$F_2 + 2KCl = K_2F_2 + Cl_2$$
$$Cl_2 + 2KBr = 2KCl + Br_2$$
$$Br_2 + 2KI = 2KBr + I_2$$

৩৪১-৪২ পৃষ্ঠায় হ্যালোজেনদের ধর্মের একটি তুলনামূলক তালিকা দেওয়া হইল।

Exercises

1. Starting from common salt how will you prepare the following ?–

(a) Hydrochloric acid gas , (b) Chlorine gas (dry) , (c) Silver chloride.

2. Describe the chemical action of hydrochloric acid on the following :

(a) Zn , (b) MgO , (c) Pb_3O_4 , (d) Ag.

3. How will you prove that hydrogen chloride contains hydrogen and chlorine ? [হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন আছে তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ?]

4. Describe the preparation of chlorine gas (dry).

Describe with equations the action of chlorine on (a) metallic sodium, (b) NaOH solution (hot and cold), (c) KBr solution, (d) CO, (e) NH_3 gas, (f) Milk of lime.

5. Describe the manufacture of bleaching powder.

Describe the action of bleaching powder on (a) litmus paper and (b) hydrochloric acid.

6. How is bromine obtained from hydrogen bromide ? Compare the reactions of HCl and HBr with $AgNO_3$ (Soln.) and H_2SO_4 (conc.)

7. What difficulties were there in the isolation of fluorine and how did Moissan overcome those difficulties? Describe the modern process for the preparation of fluorine. [ফ্লুওরিন-প্রস্তুতির পথে কি কি বাধা ছিল এবং ময়সাঁ কি ভাবে সেই সকল বাধা অতিক্রম করিয়াছিলেন? ফ্লুওরিন-প্রস্তুতির আধুনিক পদ্ধতি বর্ণনা কর।

8. Explain the chemical reactions involved in the extraction of iodine from petroleum brine. [পেট্রোলিয়াম-খনির লবণ-জল (Petroleum Brine) হইতে আয়োডিন উদ্ধারের রাসায়নিক ক্রিয়া বুঝাইয়া দাও।]

পঞ্চবিংশ অধ্যায়

সাল্‌ফার

[পারমাণবিক গুরুত্ব – 32.06 পরমাণু ক্রমাঙ্ক – 16]

বহু প্রাচীনকাল হইতেই সাল্‌ফার মানবসমাজে সুপরিচিত। বাইবেলে ইহার উল্লেখ দেখা যায়। প্রাচীন ভারতে 'গন্ধক' নামে ইহা চিকিৎসা-শাস্ত্রে ও অন্যান্য নানা কার্যে ব্যবহৃত হইত। জাপান, সিসিলি, ইটালি প্রভৃতি দেশে আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে মৌলাবস্থায় প্রচুর সাল্‌ফার পাওয়া যায়। কিন্তু পৃথিবীর মোট সাল্‌ফারের শতকরা প্রায় 80 ভাগই আসে আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের লুইসিয়ানা ও টেক্সাসের বিরাট সাল্‌ফার খনি হইতে। ভারত মহাদেশের বেলুচিস্তানেও (বর্তমানে পাকিস্তানের অন্তর্গত) একটি সাল্‌ফার খনি আছে। ইহা ছাড়া, যৌগাবস্থায় সাল্‌ফাইড বা সাল্‌ফেটরূপেও প্রচুর সাল্‌ফার পাওয়া যায়।

সাল্‌ফাইডের মধ্যে

(১) আয়রন্ পাইরাইটিস্, FeS_2

(২) কপার পাইরাইটিস্, $CuFeS_2$

(৩) গ্যালেনা, PbS

(৪) জিঙ্কব্লেণ্ড, ZnS ইত্যাদি, এবং

সাল্‌ফেটের মধ্যে

(১) জিপসাম, $CaSO_4, 2H_2O$

(২) বেরাইট্, $BaSO_4$

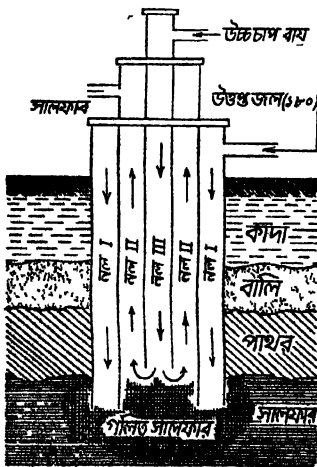
(৩) সেলেস্টাইট, $SrSO_4$ প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

খনি হইতে সাল্‌ফার উৎপাদন

সিসিলিতে যে সাল্‌ফার পাওয়া যায় তাহাতে চুনাপাথর, বালি, মাটি, জিপ্‌সাম্ প্রভৃতি মিশ্রিত থাকায় সাল্‌ফার থাকে মাত্র শতকরা 20 ভাগ।

এই অবিশুদ্ধ সাল্‌ফারযুক্ত পাথর গুঁড়া করিয়া স্তূপাকারে সাজাইয়া তাহাতে অগ্নিসংযোগ করা হয়। ফলে, কিছু সাল্‌ফার পুড়িয়া যে তাপ উৎপন্ন করে তাহাতে বাকি সাল্‌ফার গলিয়া গিয়া তরল অবস্থায় অপেক্ষাকৃত নিচু জায়গায় রক্ষিত কাঠের ছাঁচে গিয়া সঞ্চিত হয় এবং কাদা, মাটি, জিপ্‌সাম প্রভৃতি উপরে থাকিয়া যায়। এখানে সাল্‌ফারেরই কিয়দংশ জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়। পরে ঊর্ধ্বপাতনের সাহায্যে এই সাল্‌ফারকে বিশুদ্ধ করা হয়।

আমেরিকার ফ্রাস্‌ পদ্ধতি (Frasch Process)

আমেরিকার লুইসিয়ানা বা টেক্সাসে সাল্‌ফার মাটির অনেক নীচে থাকে বলিয়া সেখানে ফ্রাস্‌ পদ্ধতি নামক এক বিশেষ পদ্ধতির সাহায্যে সাল্‌ফার উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এক-কেন্দ্রিক নল মাটির নীচে প্রবেশ করানো হয় (চিত্র দেখ)। বাহিরের নলটি দিয়া অতিরিক্ত চাপে প্রায় 160° সেঃ গ্রেডে উত্তপ্ত জল পাম্পের সাহায্যে প্রবেশ করানো হয়। কিছুক্ষণ পরে ভূগর্ভস্থ সাল্‌ফারস্তরের কিছু অংশ গলিয়া গেলে ভিতরের সর্বাপেক্ষা কম ব্যাসের নলটি দিয়া প্রায় 35 অ্যাটম্‌স্‌ফিয়ার চাপে বাতাস পাম্প্‌ করা হয়। ফলে দুই দিক হইতে চাপ পাইয়া মধ্যের নলটি দিয়া গলিত সাল্‌ফার বাতাসের সহিত ফেনার আকারে উপরে উঠিয়া আসে, এবং কাষ্ঠনির্মিত সুবৃহৎ

১০০ নং চিত্র—ফ্রাস্‌-পদ্ধতি

চৌবাচ্চায় গিয়া সঞ্চিত হয়। এই সাল্‌ফার প্রায় বিশুদ্ধ (শতকরা 99·5 ভাগ) অবস্থায় পাওয়া যায় বলিয়া আর শোধন করিবার প্রয়োজন হয় না।

সাল্‌ফারের বহুরূপতা ঃ ফস্‌ফরাস প্রভৃতি মৌলের ন্যায় সাল্‌ফারেরও কয়েকটি বিভিন্ন রূপ দেখা যায়। কঠিন অবস্থায় ইহার দুইটি রূপ আছে। স্ফটিকের আকার অনুসারে ইহাদের যথাক্রমে **রম্বিক্** (অষ্টতল), এবং **মনোক্লিনিক সাল্‌ফার** বলা হয়। তরল অবস্থায় গলিত সাল্‌ফারেরও দুইটি বিভিন্ন রূপ দেখা যায়, ইহাদের বলা হয় **ল্যাম্‌ব্‌ডা সাল্‌ফার** (λ-সাল্‌ফার) ও **মিউ সাল্‌ফার** (μ-সাল্‌ফার)।

রম্বিক্ সাল্‌ফার ঃ ইহাই সাল্‌ফারের সর্বাপেক্ষা সুপরিচিত রূপ। ইহার স্ফটিকের রম্বিক্ আকারের জন্যই ইহাকে রম্বিক্ সাল্‌ফার বলা হয়। খনির মধ্যে স্বাভাবিক অবস্থায় সাল্‌ফার রম্বিক্ হিসাবেই পাওয়া যায়। ইহা কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রবণীয়। কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড দ্রবণ হইতে সাল্‌ফার কেলাসিত করিলে ইহার রম্বিক্ আকারের স্ফটিক বেশ সুন্দর দেখা যায়। রম্বিক্ সাল্‌ফারের ঘনত্ব 2.06 এবং গলনাঙ্ক 112.৮° সেঃ গ্রেঃ। কিন্তু 96° সেঃ গ্রেডের উপরে কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে ইহা মনোক্লিনিক সাল্‌ফারে পরিণত হয়।

মনোক্লিনিক সাল্‌ফার ঃ গলিত সাল্‌ফার ঠাণ্ডা হইলে এই সাল্‌ফার উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা ঃ একটি ছোট বেসিনে কিছু সাল্‌ফার গলাইয়া ঠাণ্ডা হইতে দাও। এখন উপরের সরের ন্যায় আস্তরণটি একটি কাঁচদণ্ড দ্বারা ছিন্ন করিয়া তরল সাল্‌ফার টানিয়া ফেলিলে দেখিবে বেসিনের গায়ে সুচের ন্যায় সাল্‌ফার স্ফটিক লাগিয়া আছে। **ইহাই মনোক্লিনিক সাল্‌ফার।**

মনোক্লিনিক সাল্‌ফারের ঘনত্ব 1.96, এবং গলনাঙ্ক 119° সেঃ গ্রেঃ। 96° সেণ্টিগ্রেডের নীচে রাখিয়া দিলে স্বচ্ছ স্ফটিকগুলি ক্রমশ অস্বচ্ছ হইয়া পড়ে ও মনোক্লিনিক রম্বিকে পরিণত হয়। রম্বিকের ন্যায় ইহা কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রবণীয় এবং জলে অদ্রবণীয়।

সাল্‌ফারের দুইটি রূপের মধ্যে একটি 96° সেণ্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে স্থায়ী এবং অপরটি 96° ডিগ্রির নীচে স্থায়ী। এই 96° ডিগ্রিতে তাহাদের রূপান্তর ঘটে

বলিয়া এই বিশেষ উষ্ণতাকে পরিবর্তাঙ্ক (Transition temperature) বলা হয়।

তরল সাল্‌ফার ঃ সাল্‌ফার উত্তপ্ত করিলে ইহা গলিয়া এক পীতবর্ণ তরল পদার্থে পরিণত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে এই তরল পদার্থের তারল্য ক্রমশ কমিয়া ইহা চটচটে ও আঠালো হইতে থাকে এবং ইহার রংও ক্রমশ গাঢ় হইতে থাকে। তরল সাল্‌ফারে ল্যাম্‌ব্‌ডা এবং মিউ-নামক দুই বিভিন্ন প্রকারের সাল্‌ফারের অস্তিত্বের জন্য এইরূপ পরিবর্তন দেখা যায়। সাল্‌ফার গলাইলে প্রথমে যে ঈষৎ পীত তরল পদার্থ পাওয়া যায় তাহাতে μ-সাল্‌ফারের পরিমাণ খুবই কম থাকে, কিন্তু উচ্চতর উষ্ণতায় প্রায় কৃষ্ণবর্ণ যে সান্দ্র পদার্থ পাওয়া যায় তাহাতে μ-সাল্‌ফারের পরিমাণ যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়। সাল্‌ফারের গলনাঙ্ক 120°তে μ-সাল্‌ফারের শতকরা হার 3·6 ভাগ থাকে, কিন্তু স্ফুটনাঙ্ক 445°তে ইহার শতকরা হার দাঁড়ায় 34·0 ভাগ। μ-সাল্‌ফার কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে অদ্রবণীয়, কিন্তু λ-সাল্‌ফার দ্রবণীয়।

প্লাষ্টিক সাল্‌ফার ঃ

পরীক্ষা ঃ একটি শক্ত পরীক্ষানলে কিছু সাল্‌ফার লইয়া উত্তপ্ত করিতে থাক। কিছুক্ষণ পরে কৃষ্ণবর্ণ তরল সাল্‌ফার ফুটিতে থাকিলে তাহা একটি বীকারের ঠাণ্ডা জলে আস্তে আস্তে ঢালিয়া দাও। জলের মধ্যে রবারের ন্যায় নমনীয় এক সাল্‌ফার পাওয়া যাইবে, ইহাকে **প্লাষ্টিক সাল্‌ফার** বলা হয়। প্রকৃতপক্ষে ইহা সাল্‌ফারের নূতন কোনো রূপ নহে। তরল μ-সাল্‌ফার হঠাৎ ঠাণ্ডা হইয়া জমিয়া যাওয়ার ফলেই এইরূপ হইয়াছে। μ-সাল্‌ফারের মত প্লাষ্টিক সাল্‌ফারও CS_2-এ অদ্রবণীয়। কিছুকাল রাখিয়া দিলে ইহা ধীরে ধীরে রম্বিক্‌ সাল্‌ফারে পরিবর্তিত হইতে থাকে।

সাল্‌ফারের বিভিন্ন রূপের অভিন্নতা ঃ সাল্‌ফারের যে বিভিন্ন রূপের কথা বলা হইয়াছে তাহাদের ভৌত ধর্মে বিশেষ পার্থক্য থাকিলেও তাহারা যে একই পদার্থ এবং সাল্‌ফারের প্রকারভেদ মাত্র, তাহা পরীক্ষার দ্বারা সহজেই প্রমাণ করা যায়।

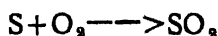
পরীক্ষা ঃ একটি ওজন করা পর্সেলীন মুচিতে অর্ধ (½) গ্রাম্‌ আন্দাজ সাল্‌ফার লইয়া তাহার ওজন লওয়া হয়। মুচিটি একটি শক্ত কাচনলের মধ্যে রাখা হয় এবং উত্তপ্ত করা হয়; সঙ্গে সঙ্গে অক্সিজেন-চোঙা হইতে শুষ্ক অক্সিজেন-গ্যাস উত্তপ্ত সাল্‌ফারের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। সাল্‌ফার পুড়িয়া SO_2-এ পরিণত হয়।

$$S + O_2 = SO_2$$

সোডা-লাইম U-নলে এই SO_2 শোষিত করা হয়। U-নলগুলির পূর্বের ওজন এবং SO_2 শোষণের পরের ওজন হইতে SO_2-এর ওজন জানা যায়। সাল্‌ফারের বিভিন্ন অ্যালোট্রোপ (allotrope) লইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে বিভিন্ন অ্যালোট্রোপের একই ওজন, অক্সিজেনে পুড়িয়া একই পরিমাণ SO_2 উৎপন্ন করে।

সাল্‌ফারের ধর্ম ঃ সাল্‌ফার ঈষৎ পীত, কঠিন ও ভঙ্গুর পদার্থ। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহন করে না। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 444·6°। সাল্‌ফারের S_8, S_6, ও S_2,—এই তিনপ্রকার অণু দেখা যায়। বহুরূপতা সাল্‌ফারের একটি বিশেষত্ব; কঠিন ও তরল উভয় অবস্থাতেই সাল্‌ফারের বিভিন্ন রূপ দেখা যায়।

অক্সিজেন বা বাতাসে উত্তপ্ত করিলে সাল্‌ফার পুড়িয়া সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

স্বর্ণ (গোল্ড) ব্যতীত প্রায় সমস্ত ধাতুই সাল্‌ফারের সহিত সংযুক্ত হইয়া সাল্‌ফাইডে পরিণত হয়।

পরীক্ষা ঃ একটি সাল্‌ফার বাষ্পপূর্ণ কাচকূপীতে একখণ্ড পাতলা কপার-পাত ফেলিয়া দিলে কপারপাতটি জ্বলিয়া গিয়া কালো কপার-সাল্‌ফাইডে পরিণত হইবে।

$$2Cu + S = Cu_2S$$

অধাতুর মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীত অন্যান্য সমস্ত পদার্থই প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সাল্‌ফারের সহিত সংযুক্ত হইয়া থাকে। অনেক সময় পদার্থ

দুইটিকে একত্র উত্তপ্ত করিয়াই এই সংযোগ সাধন করা হয়। যেমন,—কার্বন, হাইড্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতির ক্ষেত্রে।

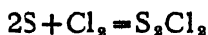
পরীক্ষা: একটি শক্ত কাচনলে কিছু সাল্‌ফার উত্তপ্ত করিয়া, সেই গলিত সাল্‌ফারের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত কর, এবং নলের শেষপ্রান্তে লেড্‌অ্যাসিটেটে সিক্ত একটি ফিল্‌টার কাগজ ধরিয়া রাখ। দেখিবে, কিছুক্ষণের মধ্যেই ফিল্‌টার কাগজটি কালো হইয়া গেল। সাল্‌ফার ও হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া H_2S গ্যাস-এ পরিণত হওয়ার জন্য লেড্‌অ্যাসিটেট কাগজের এইরূপ (বর্ণহীন হইতে কালো) পরিবর্তন হয়।

$$H_2+S = H_2S$$

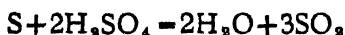
$$PbAc_2 + H_2S = PbS + 2HAc$$

(লেড অ্যাসিটেট) (কালো) (অ্যাসেটিক অ্যাসিড)

ফুটন্ত সাল্‌ফারের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ইহা তরল S_2Cl_2-এ পরিণত হয়। S_2Cl_2 রবার ভালকানাইজ করার কাজে ব্যবহৃত হয়।

$$2S+Cl_2=S_2Cl_2$$

H_2SO_4, HNO_3 প্রভৃতির ন্যায় জারণগুণ-সম্পন্ন, গাঢ় অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে সাল্‌ফার জারিত হইয়া যায়।

$$S+2H_2SO_4=2H_2O+3SO_2$$

$$S+6HNO_3=H_2SO_4+2H_2O+6NO_2$$

উত্তপ্ত ক্ষারদ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া সাল্‌ফার, সাল্‌ফাইড ও থাইও-সাল্‌ফেটে পরিণত হয়।

$$4S+6KOH=2K_2S+K_2S_2O_3+3H_2O$$

সাল্‌ফারের ব্যবহার: সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড, দেশলাই, বারুদ, কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড (দ্রাবক) প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য প্রচুর সাল্‌ফার ব্যবহৃত হয়। রবার ভালকানাইজ করার উপাদান S_2Cl_2ও সাল্‌ফার হইতেই প্রস্তুত করা হয়। কীট-নাশক ঔষধ হিসাবে কৃষিকার্যেও সাল্‌ফারের ব্যবহার আছে।

সাল্‌ফার অক্সাইড

সাল্‌ফার ও অক্সিজেনের বিভিন্ন যৌগের মধ্যে SO_2 ও SO_3ই সমধিক উল্লেখযোগ্য। ইহারা উভয়েই জলে দ্রবীভূত হইয়া যথাক্রমে H_2SO_3 ও H_2SO_4 অ্যাসিডে পরিণত হয়।

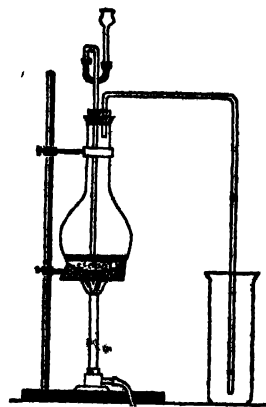
$$SO_2+H_2O=H_2SO_3$$

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

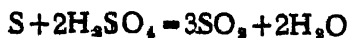
সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

SO_2-এর প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরিতে সাধারণত কপারছিলার সহিত গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে SO_2 প্রস্তুত করা হয়। নির্গমনল ও থিসিল-নল-বিশিষ্ট একটি গোলকূপীতে কিছু কপার-ছিলা লইয়া তাহাতে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দিয়া কূপীটি তারজালির উপর উত্তপ্ত করা হয়। বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে SO_2 গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাইতে হইলে গ্যাসটি গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা উচিত।

১০১নং সাল্‌ফারডাই-অক্সসাইড প্রস্তুতি

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2\uparrow$$

কপার ছাড়া Hg, Ag প্রভৃতি ধাতু অথবা C, S প্রভৃতি অধাতুর দ্বারাও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত করিয়া SO_2-এ পরিণত করা সম্ভব। যথা—

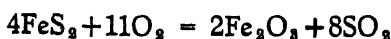
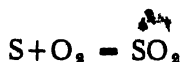
$$C+2H_2SO_4=CO_2+2H_2O+2SO_2$$

$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$

ল্যাবরেটরিতে অনেক সময় সোডিয়াম বাই-সাল্‌ফাইটের ($NaHSO_3$) উপর বিন্দু বিন্দু গাঢ় HCl ফেলিয়া সহজেই SO_2 প্রস্তুত করা হয়।

$$NaHSO_3+HCl=NaCl+H_2O+SO_2\uparrow$$

শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহারের জন্য SO_2 সাধারণত সাল্‌ফার অথবা আয়রন্ পাইরাইটিস্ (FeS_2) প্রভৃতির ন্যায় খনিজ সাল্‌ফাইড পোড়াইয়া উৎপন্ন করা হয়।

$$S+O_2 = SO_2$$

$$4FeS_2+11O_2 = 2Fe_2O_3+8SO_2$$

সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম ঃ সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) পোড়া সাল্‌ফারের ঝাঁঝালো গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস। বাতাস অপেক্ষা ইহার ঘনত্ব অনেক বেশী বলিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসটি সংগ্রহ করা সম্ভব। শীতল করিলে SO_2 সহজেই তরল হইয়া যায়। ইহা সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়, এবং জলীয় দ্রবণে সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড ও জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে H_2SO_3 উৎপন্ন হয়।

$$H_2O+SO_2\rightleftarrows H_2SO_3$$

সেইজন্য SO_2-এর জলীয় দ্রবণ নীল লিট্‌মাসকে লাল করে।

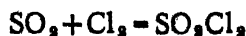
SO_2-এ সাল্‌ফারের জারণাবস্থা +4, অর্থাৎ ইহা মৌল সাল্‌ফারের 0 (শূন্য) ও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডস্থ সাল্‌ফারের +6-এর মাঝামাঝি। সেইজন্য সাধারণত বিজারক এবং কখনো কখনো জারক হিসাবেও ইহা কাজ করিয়া থাকে।

বিজারক SO_2 ঃ

(১) প্লাটিনাম-চূর্ণ প্রভাবকের সাহায্যে ইহা বাতাসের অক্সিজেন কর্তৃক জারিত হইয়া SO_3-এ পরিণত হয়।

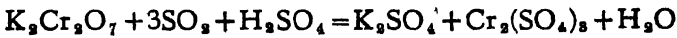
$$2SO_2+O_2=2SO_3$$

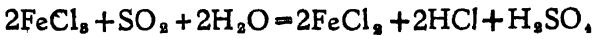
(২) শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) SO_2Cl_2তে পরিণত হয়।

$$SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2$$

কিন্তু SO_2 দ্রবণে Cl_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে H_2SO_4 ও HCl উৎপন্ন হয়।

$$Cl_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HCl$$

(৩) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পার্মাঙ্গানেট ($KMnO_4$) বা পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণের মধ্য দিয়া SO_2 প্রবাহিত করিলে $KMnO_4$ দ্রবণটি বর্ণহীন এবং $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের রং গাঢ় সবুজ হইয়া যায়।

$$2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$$
$$K_2Cr_2O_7+3SO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$$

(৪) ফেরিক্ লবণ SO_2 কর্তৃক বিজারিত হইয়া ফেরাস্ লবণে পরিণত হয়।

$$2FeCl_3+SO_2+2H_2O=2FeCl_2+2HCl+H_2SO_4$$

(৫) PbO_2 প্রভৃতি অক্সাইড SO_2কে জারিত করিয়া সাল্‌ফেটে পরিণত করে।

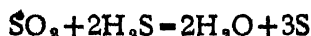
$$PbO_2+SO_2=PbSO_4$$

SO_2-এর বিজারণগুণের জন্য ইহা অনেক জৈব রংকে বিজারিত করিয়া থাকে।

পরীক্ষা: SO_2পূর্ণ জারে একটি রঙীন ফুল ফেলিয়া দাও, দেখিবে কিছুক্ষণের মধ্যে রং দূর হইয়া ফুলটি প্রায় বর্ণহীন হইয়া যাইবে। ম্যাজেণ্টা রংয়ের দ্রবণের মধ্য দিয়া SO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে অনতিকাল মধ্যেই দ্রবণটি বর্ণহীন হইবে।

বিরঞ্জক হিসাবে Cl_2-এর সহিত SO_2-এর তুলনা: Cl_2 ও SO_2 উভয়েই বিরঞ্জক, কিন্তু ক্লোরিন রেশম, পশম-এর যেরূপ ক্ষতি করে SO_2 সেইরূপ কোনো ক্ষতি করে না বলিয়া এই সকল কাজে Cl_2-এর পরিবর্তে SO_2 ব্যবহার করা হয়।

(৬) জারক SO_2 : SO_2, H_2Sকে জারিত করিয়া সাল্‌ফারে পরিণত করে।

$$SO_2+2H_2S=2H_2O+3S$$

সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার : সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির উপাদান হিসাবেই প্রধানত ব্যবহৃত হইলেও জীবাণুনাশক ঔষধ ও বিরঞ্জক হিসাবেও প্রচুর SO_2 ব্যবহৃত হয়। কাগজশিল্পে ব্যবহৃত ক্যাল্‌সিয়াম বাই-সাল্‌ফাইট $Ca(HSO_3)$ প্রস্তুত করিতেও SO_2-এর প্রয়োজন হয়।

***সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) ও সাল্‌ফাইট্ :** SO_2 জলে দ্রবীভূত করিলে ইহা H_2SO_3 অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H_2O+SO_2 \rightleftarrows H_2SO_3$$

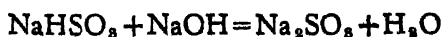
অ্যাসিড হিসাবে সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড খুব তীব্রও নহে, খুব মৃদুও নহে; কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণেই অ্যাসিডটি পাওয়া যায় এবং ইহার স্থায়িত্ব খুব কম। উত্তপ্ত করিলে জলীয় দ্রবণ হইতে SO_2 গ্যাস নির্গত হয়।

অ্যাসিডটিতে দুইটি প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন থাকায় ইহা হইতে প্রশম ও আম্লিক দুই প্রকারের লবণ পাওয়া যায়। $NaHSO_3$, $KHSO_3$ প্রভৃতি অ্যাসিড সাল্‌ফাইটগুলির জলীয় দ্রবণ কিছুটা অম্লভাবাপন্ন এবং Na_2SO_3, K_2SO_3 প্রভৃতির দ্রবণে সামান্য ক্ষারভাব দেখা যায়।

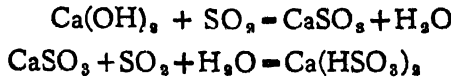
SO_2 দ্বারা $NaOH$ দ্রবণকে সম্পৃক্ত করিলে $NaHSO_3$ পাওয়া যায়।

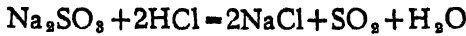
$$NaOH+SO_2=NaHSO_3$$

$NaHSO_3$র সহিত পরিমাণমত $NaOH$ মিশাইলে ইহা Na_2SO_3তে পরিণত হয়।

$$NaHSO_3+NaOH=Na_2SO_3+H_2O$$

চুন-জলের [$Ca(OH)_2$ দ্রবণ] মধ্যে SO_2 প্রবাহিত করিলে জলটি প্রথমে ঘোলা হইয়া যায় এবং অতিরিক্ত SO_2 প্রবাহের ফলে পুনরায়

পরিষ্কার হয়। প্রথমে SO_2 ইহাকে অদ্রবণীয় $CaSO_3$-এ পরিণত করে, এবং পরে অতিরিক্ত SO_2 ইহাকে দ্রবণীয় $Ca(HSO_3)_2$এ পরিণত করে।

$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O$$
$$CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$$

কোনো সাল্‌ফাইটে গাঢ় অ্যাসিড ঢালিলে ইহা হইতে পোড়া সাল্‌ফারের গন্ধযুক্ত SO_2 গ্যাস বাহির হয়।

$$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + SO_2 + H_2O$$

সাল্‌ফাইটের পরীক্ষা : চুন-জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে সাল্‌ফাইট হইতে নির্গত SO_2 চুনের জল ঘোলা করে এবং এইভাবে সাল্‌ফাইটের অস্তিত্ব পরীক্ষা করা হয়। তা'ছাড়া SO_2 গ্যাসে, অ্যাসিডযুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণসিক্ত ভিজা কাগজ ধরিলে কাগজটির রং সবুজ হইয়া যায়।

সহজেই সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় বলিয়া সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিডের বিজারণগুণ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বাতাসের অক্সিজেন ইহাকে জারিত করিয়া ধীরে ধীরে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$H_2SO_3 + \frac{1}{2}O_2 = H_2SO_4$$

Cl_2, Br_2, I_2 প্রভৃতি হ্যালোজেন ইহার সংস্পর্শে বিজারিত হইয়া হ্যালোজেন অ্যাসিডে পরিণত হয়।

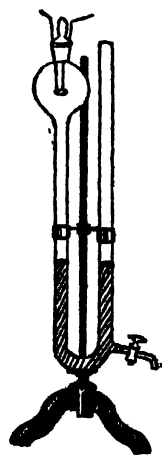
$$H_2SO_3 + I_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HI$$

H_2O_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ প্রভৃতি H_2SO_3 কর্তৃক সহজেই বিজারিত হয়।

প্রকৃতপক্ষে, জলীয় মাধ্যমে SO_2র যে সমস্ত রাসায়নিক ক্রিয়ার উল্লেখ করা হইয়াছে, তাহার সবগুলিতেই H_2SO_3 অ্যাসিডকেই প্রকৃত বিক্রিয়ক বলিয়া গণ্য করা উচিত।

সুতরাং SO_2-এর যে বিরঞ্জক-গুণের কথা উল্লেখ করা হইয়াছে তাহা মূলত H_2SO_3-এরই একটি গুণ।

SO_2-এর সংযুতি ঃ

চিত্রের অনুরূপ যন্ত্রে অক্সিজেনের মধ্যে S পোড়াইয়া SO_2-এর সংযুতি নির্ণয় করা হয়। U-নলের গোলাকৃতি অংশ পারদ অপসারণ দ্বারা শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাসে পূর্ণ করা হয় এবং নলের উভয় বাহুতে পারদ এক সমতলে আনিয়া তৎকালীন বায়ু-চাপে অক্সিজেনের আয়তন জানিয়া লওয়া হয়। বাল্‌বের মধ্যে প্রজ্বালনী চামচে এক টুকরা সাল্‌ফারকে সরু লোহার তার জড়াইয়া রাখা হয় এবং তারটির দুই প্রান্ত ছিপির মধ্য দিয়া ব্যাটারীর দুই প্রান্তে সংযুক্ত করা হয়। এখন তারের মধ্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে তারটি লোহিততপ্ত হইয়া সাল্‌ফারের টুকরাটিকে প্রজ্বলিত করিয়া দিবে। S অক্সিজেনে পুড়িয়া SO_2-এ পরিণত হইবে। যন্ত্রটি শীতল হইলে দুই বাহুতে পারদ পুনরায় এক সমতলে আনিয়া আয়তন পরিমাপ করিলে দেখা যাইবে যে অক্সিজেন SO_2-এ পরিণত হওয়া সত্ত্বেও আয়তনের কোনো তারতম্য ঘটে নাই। অর্থাৎ 1 ঘনায়তন SO_2 হইতে 1 ঘনায়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়।

১০২নং চিত্র—SO_2-এর সংযুতি

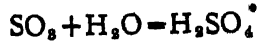
সাল্‌ফাইটের মধ্যে কাগজশিল্পে $Ca(HSO_3)_2$ এবং ক্লোরোহর (Antichlor) ও জীবাণুনাশক ঔষধ হিসাবে Na_2SO_3-এর ব্যবহার আছে।

সাল্‌ফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) ঃ সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইডকে প্লাটিনামচূর্ণ বা অপর কোনো উপযুক্ত প্রভাবকের সাহায্যে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিলে SO_3 উৎপন্ন হয়।

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$$

ধর্ম ঃ সাধারণ উষ্ণতায় SO_3 শ্বেতকায় কঠিন পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায়। ইহার গলনাঙ্ক 15° সেঃ গ্রেঃ এবং স্ফুটনাঙ্ক 46° সেঃ গ্রেঃ। আর্দ্র

বাতাসের সংস্পর্শে আসিলে SO_3 হইতে যে সাদা ধোঁয়া নির্গত হয় তাহা ভাসমান H_2SO_4 কণিকা ছাড়া কিছুই নহে। জলের সংস্পর্শে ইহা H_2SO_4-এ পরিণত হয়।

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

গাঢ় H_2SO_4-এ শোষিত হইলে ইহা পাইরো সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_7$) উৎপন্ন করে।

$$SO_3+H_2SO_4=H_2S_2O_7$$

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ও সাল্‌ফেট

রসায়নশিল্পে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের স্থান বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। নানা রসায়নশিল্পে ইহার ব্যবহার হয় বলিয়া অনেক সময় কোনো দেশে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহারের পরিমাণকে সেই দেশের শিল্পপ্রগতির নির্দেশক বলিয়া ধরা হয়।

প্রস্তুতি ঃ SO_2-কে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া SO_3এ পরিণত করা হয়, এবং SO_3 জলে দ্রবীভূত হইয়া সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$SO_2+\frac{1}{2}O_2=SO_3$$
$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

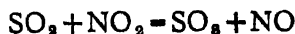
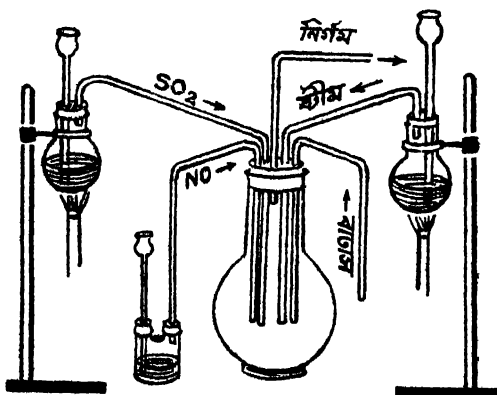
প্রভাবক ব্যতিরেকে উপরোক্ত রাসায়নিক ক্রিয়াটির গতি এত মন্থর হয় যে সামান্য পরিমাণ সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড পাইতেও দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়। সেইজন্য SO_2-কে প্রভাবকের সাহায্যে জারিত করা হয়। প্রভাবকের প্রকৃতি অনুযায়ী সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির দুইটি পদ্ধতি আছে; যথা—

(১) স্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process);

(২) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Chamber Process)।

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে দুইটি পদ্ধতিই প্রায় সমান গুরুত্বপূর্ণ বলিয়া পৃথকভাবে তাহাদের সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন দ্বারা SO_2কে জারিত করিতে প্রভাবক হিসাবে নাইট্রোজেন অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। রাসায়নিক ক্রিয়াটি খুব সম্ভব কয়েকটি বিভিন্ন পর্যায়ে সংঘটিত হইয়া থাকে। প্রথমে NO_2 SO_2কে জারিত করিয়া SO_3-এ পরিণত করে এবং SO_3 ও জলের রাসায়নিক ক্রিয়ায় ফলে H_2SO_4 উৎপন্ন হয়। NO পরে অক্সিজেনের সংস্পর্শে জারিত হইয়া পুনরায় NO_2-এ পরিণত হয়।

$$SO_2+NO_2=SO_3+NO$$
$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$
$$NO+\tfrac{1}{2}O_2=NO_2$$

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতির মূল তত্ত্বটি ল্যাবরেটরিতে একটি পরীক্ষার দ্বারা প্রদর্শন করা যাইতে পারে।

১০৩নং চিত্র—ল্যাবরেটরিতে প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি প্রদর্শন

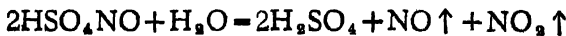
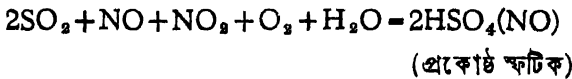
উপরের চিত্রানুযায়ী একটি বড় কাচকুপীতে চারটি প্রবেশনল ও একটি ছোট নির্গমনল লাগানো থাকে, ইহাদের মধ্যে তিনটি নল গাঢ়

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাস-ধাবকের সহিত এবং চতুর্থটি জল ফুটাইবার ব্যবস্থাযুক্ত একটি কুপীর সহিত সংযুক্ত থাকে। প্রথম তিনটি নল দিয়া আসে (১) SO_2, (২) NO, (৩) O_2 বা বাতাস এবং চতুর্থটি দিয়া আসে জলীয় বাষ্প। ইহাদের পরস্পরের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া কুপীর মধ্যে সঞ্চিত হয়।

[প্রথমে স্টীম না দিয়া যদি কেবলমাত্র জলের মধ্য দিয়া বুদ্‌বুদাকারে অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া সেই জলীয়বাষ্প-মিশ্রিত অক্সিজেন কুপীর মধ্যে প্রবেশ করানো হয়, তাহা হইলে কুপীর গায়ে সাদা সাদা একপ্রকার স্ফটিকাকার পদার্থ দেখা যায়। ইহাকে **প্রকোষ্ঠ স্ফটিক** (Chamber crystal) বলা হয়। ইহা নাইট্রোসো সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড। অনেকের মতে প্রকোষ্ঠ প্রক্রিয়ায় H_2SO_4 প্রস্তুতিতে এই প্রকোষ্ঠ স্ফটিক একটি অন্তর্বর্তী যৌগ। তাঁহাদের মতে রাসায়নিক ক্রিয়াটি নিম্নলিখিতরূপ হইয়া থাকে—

$$2SO_2+NO+NO_2+O_2+H_2O=2HSO_4(NO)$$

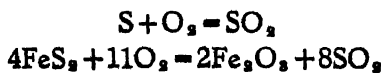
(প্রকোষ্ঠ স্ফটিক)

$$2HSO_4NO+H_2O=2H_2SO_4+NO\uparrow+NO_2\uparrow$$

প্রথম প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেনের যে অক্সাইডগুলি ব্যবহৃত হয়, দ্বিতীয় প্রক্রিয়ায় তাহারা পুনরায় মুক্ত হয়। সুতরাং ইহারা পুনরায় ব্যবহৃত হইতে পারে।]

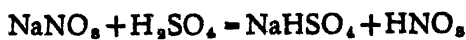
প্রকোষ্ঠ পদ্ধতির বিবরণ ঃ এই পদ্ধতির ব্যবস্থাক্রমের মধ্যে আছে—

(১) **পাইরাইট্‌ চুল্লী** (Pyrites Burner)ঃ এখানে সাল্‌ফার বা আয়রন্‌ পাইরাইট্‌ পোড়াইয়া SO_2 উৎপাদন করা হয়।

$$S+O_2=SO_2$$

$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$$

(২) **নাইটার পাত্র ঃ** এই পাত্রে KNO_3 ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড থাকে। SO_2 ও বাতাসের উত্তপ্ত মিশ্রণ এই পাত্রের উপর

দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় কিছু বাষ্পীভূত নাইট্রিক অ্যাসিড ইহাদের সহিত মিশিয়া যায়—

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

উত্তাপ ও SO_2 দ্বারা বিজারিত হইয়া HNO_3 নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়।

(৩) **গ্লভার স্তম্ভ** (Glover Tower) **:** অতঃপর গ্যাসমিশ্রণটি গ্লভার টাওয়ার নামক অ্যাসিডরোধক ইষ্টকনির্মিত একটি টাওয়ারের নীচের দিকে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে। টাওয়ারটির উপরাংশ ঝামাপাথরে ভর্তি থাকে, এবং তাহার মধ্য দিয়া নামিয়া আসে উপরে রক্ষিত দুইটি ট্যাঙ্ক হইতে দুইটি অ্যাসিডের ধারা। একটি ধারা সীসক প্রকোষ্ঠজাত লঘু অ্যাসিডের, এবং অপরটি "গে লুসাক্ টাওয়ারের" নাইট্রোজেন-অক্সাইডযুক্ত গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের। গ্লভার টাওয়ারের কার্যক্রমের মধ্যে :—

(ক) ইহা চুল্লী হইতে আগত গ্যাসগুলিকে ঠাণ্ডা করে ;

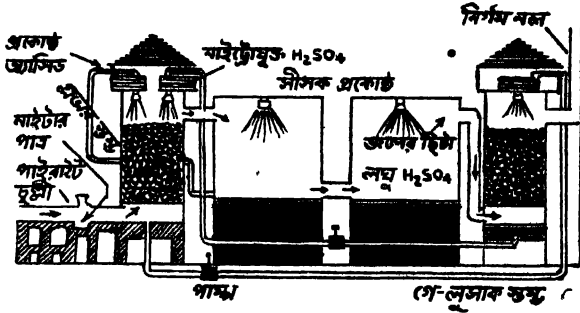
(খ) প্রকোষ্ঠসঞ্জাত লঘু অ্যাসিডকে কিছুটা গাঢ় করে ;

(গ) গে লুসাক্ টাওয়ারের নাইট্রোজেন-অক্সাইডযুক্ত সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন অক্সাইডের উদ্ধার সাধন করে ;

(ঘ) SO_2 গ্যাসের কিছুটা অংশ স্তম্ভের মধ্যে জারিত হইয়া H_2SO_4-এ পরিণত হয়।

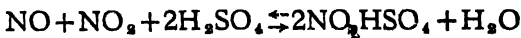
গ্লভার স্তম্ভের ভিতর দিয়া নিম্নগামী অ্যাসিড, স্তম্ভের নীচে রক্ষিত একটি সীসার চৌবাচ্চায় গিয়া জমা হয়।

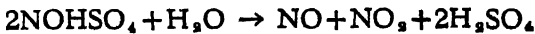
(৪) **সীসক প্রকোষ্ঠ** (Lead Chamber) **:**—গ্লভার স্তম্ভ হইতে গ্যাসগুলি গিয়া প্রবেশ করে সীসক প্রকোষ্ঠে। চতুষ্কোণ সীসক প্রকোষ্ঠগুলি সীসার পাত গালাইয়া জোড়া দিয়া প্রস্তুত করা হয়। প্রায় 100 × 40 × 40 ঘনফুট আয়তনের ৩।৪টি প্রকোষ্ঠ থাকে। প্রকোষ্ঠের উপর হইতে সূক্ষ্ম কণার আকারে জলধারা বর্ষণের ব্যবস্থা আছে। SO_2, NO_2,

O_2, জল প্রভৃতির মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে যে লঘু H_2SO_4 উৎপন্ন

১০৪নং চিত্র—সীসক প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি

হয় তাহা প্রকোষ্ঠের তলদেশ দিয়া নলের সাহায্যে গিয়া একটি সীসকাধারে সঞ্চিত হয়, এবং তথা হইতে পাম্পের সাহায্যে গ্লভার টাওয়ারের উপরিস্থিত ট্যাঙ্কে লইয়া যাওয়া হয়।

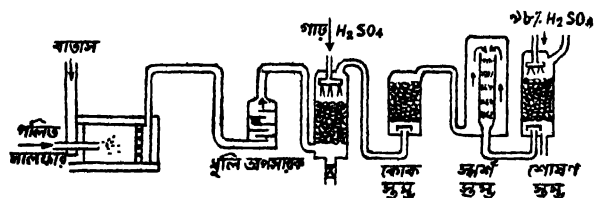
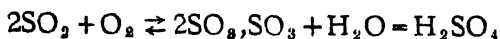
(৫) গে লুসাক স্তম্ভ (Gay Lussac Tower): শেষ প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাস নির্গত হয়, তাহার মধ্যে বেশ কিছুটা নাইট্রোজেন অক্সাইড থাকিয়া যায়। এই নাইট্রোজেন অক্সাইডসমূহ গে লুসাক্ স্তম্ভে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষণ করা হয়।

$$NO+NO_2+2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2NO_2HSO_4+H_2O$$

এই নাইট্রোসো সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড পাম্প করিয়া গ্লভার টাওয়ারের উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং গ্লভার টাওয়ারে সীসক প্রকোষ্ঠজাত লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে ইহা হইতে NO এবং NO_2 বাহির হইয়া আসে।

$$2NOHSO_4+H_2O \rightarrow NO+NO_2+2H_2SO_4$$

প্রকোষ্ঠ অ্যাসিডের গাঢ়-করণ: প্রকোষ্ঠ অ্যাসিডে ওজন হিসাবে প্রায় 60/70 ভাগ H_2SO_4 থাকে। এই অ্যাসিড সুপার ফস্‌ফেট, $(NH_4)_2SO_4$ প্রভৃতি প্রস্তুতির পক্ষে যথেষ্ট উপযোগী হইলেও, অন্যান্য বহু

শিল্পে ইহা অপেক্ষা গাঢ়তর অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। এই অ্যাসিডকে গাঢ় করিতে হইলে পাথরের টুকরাভর্তি একটি উঁচু স্তম্ভের উপর হইতে ফোয়ারার আকারে অ্যাসিড ছাড়িয়া দেওয়া হয়, এবং স্তম্ভের তলদেশ হইতে উত্তপ্ত গ্যাস উপরদিকে প্রবাহিত করা হয়। এই উত্তপ্ত গ্যাসের সংস্পর্শে জল উড়িয়া গিয়া অ্যাসিডটি গাঢ়তর হয় ও নীচের অ্যাসিড-রোধক পাত্রে গিয়া সঞ্চিত হয়।

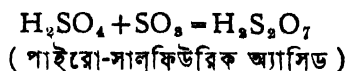
স্পর্শ পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে সূক্ষ্ম প্লাটিনামচূর্ণ প্রভাবকের সাহায্যে SO_2কে বাতাসের অক্সিজেন কর্তৃক জারিত করিয়া SO_3-এ পরিণত করা হয়, এবং শেষে এই SO_3এর সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে H_2SO_4 উৎপন্ন হয়।

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3, SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

১০৫নং চিত্র—সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের স্পর্শ-পদ্ধতি

প্রভাবক ঃ এই পদ্ধতিতে সাধারণত প্লাটিনামের সূক্ষ্ম চূর্ণাবৃত অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌ প্রভাবকরূপে ব্যবহার করা হয়। এই মূল্যবান প্রভাবকটি সহজেই নিষ্ক্রিয় হইয়া যায় বলিয়া (ধুলা, বালি, আর্সেনিয়াম অক্সাইড, H_2S প্রভৃতির সংস্পর্শে) প্রভাবকের সংস্পর্শে আসিবার পূর্বে গ্যাস-মিশ্রণটি বিশুদ্ধ করিয়া লওয়া হয়। প্লাটিনামের পরিবর্তে আজকাল প্রভাবকরূপে ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইড V_2O_5-এর প্রচলন বৃদ্ধি পাইতেছে। V_2O_5 ব্যবহারের সুবিধা এই যে, ইহা সহজে নিষ্ক্রিয়

হয় না, এবং একই প্রভাবক বহুদিন কার্যক্ষম থাকে। ইহার আনুষ্ঠানিক ব্যয়ও প্লাটিনাম অপেক্ষা কম।

পদ্ধতির বিবরণঃ অতিরিক্ত বাতাসে S বা FeS_2 পোড়াইয়া যে SO_2, O_2 ও N_2-এর মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাদিগকে প্রথমে একটি ধূলি-শোষক কক্ষে লইয়া যাওয়া হয়। এখানে বৈদ্যুতিক উপায়ে গ্যাস হইতে ভাসমান ধূলিকণা বিদূরিত করা হয়। তৎপর গ্যাসমিশ্রণটি একটি কোক্‌পূর্ণ স্তম্ভের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া স্তম্ভের মধ্য দিয়া প্রবহমান গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের ধারায় ধৌত ও শুষ্ক করা হয় এবং শেষে কোকপূর্ণ একটি ফিল্‌টারকক্ষের মধ্যদিয়া প্রবাহিত করিয়া গ্যাসকে অ্যাসিডের সূক্ষ্ম কণা হইতে মুক্ত করা হয়। অবশেষে এই ঈষৎতপ্ত গ্যাস প্রভাবক-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। SO_2 ও অক্সিজেনের বিক্রিয়াটি 450° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় ভালো হয় বলিয়া প্রভাবকের উষ্ণতাও ঐরূপ রাখা হয়। প্রভাবকের সংস্পর্শে আসিবার পূর্বে অপেক্ষাকৃত শীতল গ্যাসকে প্রভাবকপূর্ণ চোঙার চতুর্দিকে প্রবাহিত করিয়া তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করা হয় এবং শীতল গ্যাসের সহিত এই তাপবিনিময়ের ফলে প্রভাবকের উষ্ণতাও বৃদ্ধি পাইতে পারে না। তাহা না হইলে O_2 কর্তৃক SO_2-এর জারণকালে যে প্রচুর তাপ নির্গত হয়, তাহা প্রভাবককে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করিত। প্রভাবক-প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহাতে প্রধানত থাকে SO_3-বাষ্প, এবং কিছু O_2 ও N_2। এই গ্যাসমিশ্রণটি কোক্‌পূর্ণ শোষকস্তম্ভে নিম্নগামী 98% গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করা হয়।

$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$$

(পাইরো-সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড)

এই পাইরো-সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে নির্দিষ্ট পরিমাণ জল মিশ্রিত করিয়া ইহার গাঢ়ত্ব সর্বদাই 98% রাখা হয়। SO_3 সোজাসুজি জলে শোষণ করিতে গেলে ইহা জলের মধ্যে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গ্যাসীয় বুদ্‌বুদের সৃষ্টি করে এবং উপরে ভাসিয়া এই বুদ্‌বুদ্‌গুলি ফাটিয়া গেলে SO_3 বাতাসে চলিয়া যায়। এইজন্য SO_3 98% গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করা হয়।

প্রকোষ্ঠ এবং স্পর্শ পদ্ধতির তুলনামূলক আলোচনা

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি	স্পর্শ পদ্ধতি
(১) উৎপন্ন অ্যাসিড অপেক্ষাকৃত লঘু, সুতরাং অনেক সময় ইহাকে গাঢ় করিয়া লইতে হয়।	(১) উৎপন্ন অ্যাসিড গাঢ় হয়, এবং আর গাঢ় করিবার প্রয়োজন হয় না।
(২) অ্যাসিড সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হয় না।	(২) মোটামুটি বিশুদ্ধ।
(৩) SO_2-এর কিছু অংশ অব্যবহৃত থাকিয়া যায়।	(৩) SO_2 সম্পূর্ণ ব্যবহৃত হয়।
(৪) প্রারম্ভিক খরচ কম পড়ে।	(৪) প্রারম্ভিক খরচ বেশী।

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ ভৌত—বিশুদ্ধ সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ভারী তেলের ন্যায় বর্ণহীন তরল পদার্থ। জলের প্রতি ইহার আসক্তি অত্যন্ত তীব্র হওয়ায় ইহা বাতাস হইতে অথবা অন্য পদার্থ হইতে জল শোষণ করিয়া থাকে, এবং যে-কোনো অনুপাতে জলে দ্রবীভূত হয়।

রাসায়নিক—জলের প্রতি আসক্তি সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের একটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য গুণ, এইজন্যই গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে চিনি, স্টার্চ প্রভৃতি পুড়িয়া কালো কার্বনে পরিণত হয়।

পরীক্ষা ঃ ১। (ক) একটি বেসিনে কিছু চিনি লইয়া তাহাতে 2/3 সি. সি. গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দাও দেখিবে, চিনি পুড়িয়া কালো কার্বনে পরিণত হইয়াছে।

(খ) গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে এক টুকরা কাগজ বা কাঠ ডুবাইলে দেখিবে যে কাগজ বা কাঠ পুড়িয়া কালো হইয়া গিয়াছে।

(গ) একটি কাগজে লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা কিছু লিখিয়া কাগজটি বুন্‌সেন দীপের উপর ধরিয়া সাবধানে উত্তপ্ত কর। কাগজটিকে পোড়ানোর ফলে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড গাঢ় হইয়া কাগজের উপর কালো অক্ষরগুলি ফুটিয়া উঠিবে।

গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জল মিশ্রিত করিলে মিশ্রণকালে এত তাপ উৎপন্ন হয় যে অ্যাসিডটি টগ্‌বগ্‌ করিয়া ফুটিয়া অনেক সময়ে চারিদিকে ছিটকাইয়া পড়ে। সেইজন্য সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড লঘু করিতে হইলে সর্বদা **জলে অ্যাসিড দেওয়া উচিত। কদাচ অ্যাসিডে জল দিবে না।**

২। উত্তপ্ত ঝামাপাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া দিলে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া SO_2, O_2 ও জলে পরিণত হয়।

$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

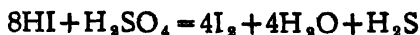
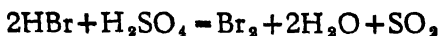
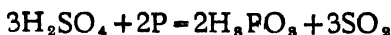
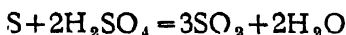
৩। গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের জারকগুণও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। C ও S-কে ইহা CO_2 ও SO_2-এ পরিণত করে এবং P-কে ইহা H_3PO_3 এবং H_3PO_4-এ রূপান্তরিত করে। HCl-কে জারিত করিতে না পারিলেও HBr এবং HI-কে Br_2 ও I_2-এ পরিণত করে। বিজারণের ফলে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই H_2SO_4, SO_2-এ পরিণত হয়, কিন্তু HI-এর সহিত বিক্রিয়াকালে HI-এর তীব্র বিজারণ-গুনের জন্য ইহা H_2S-এ পরিণত হয়।

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2H_2O + 2SO_2$$

$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

$$3H_2SO_4 + 2P = 2H_3PO_3 + 3SO_2$$

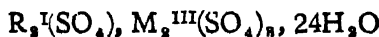
$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + 2H_2O + SO_2$$

$$8HI + H_2SO_4 = 4I_2 + 4H_2O + H_2S$$

৪। সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র দ্বি-ক্ষারী অম্ল। সুতরাং অম্লোচিত সমস্ত গুণ, যথা—(১) নীল লিট্‌মাস লাল করা, (২) ক্ষার প্রশমিত করিয়া লবণ ও জলে পরিণত করা, অথবা, (৩) Zn, Mg প্রভৃতি ধাতুর সহিত বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন গ্যাস ও লবণ উৎপন্ন করা প্রভৃতি গুণও ইহাতে বর্তমান। দ্বি-ক্ষারী অম্ল হিসাবে ইহা হইতে প্রশম ও আম্লিক দুই প্রকার লবণ পাওয়া যায়।

৫। তাড়িদ্-রাসায়নিক পর্যায়ে হাইড্রোজেনের উপরিস্থিত Zn, Mg, Fe প্রভৃতি ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন ও ধাতব সাল্‌ফেটে পরিণত হয়, কিন্তু উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিডের সহিত উহারা SO_2 উৎপন্ন করে। তাড়িদ্-রাসায়নিক পর্যায়ে হাইড্রোজেনের নিম্নবর্তী ধাতু যেমন Cu, Hg প্রভৃতির উপর লঘু H_2SO_4-এর কোনো ক্রিয়া দেখা যায় না, কিন্তু গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে উহারা SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে ও সাল্‌ফেটে পরিণত হয়।

সাল্‌ফেট ঃ সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের লবণকে সাল্‌ফেট বলা হয়। অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনযোগ্য দুইটি হাইড্রোজেনের মধ্যে একটি হাইড্রোজেন কোনো ধাতু অথবা কোনো ধাতবমূলক কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হইলে যে আম্লিক লবণ পাওযা যায়, তাহাকে বাই-সাল্‌ফেট বা অ্যাসিড সাল্‌ফেট বলা হয়। যথা,—$NaHSO_4$, $(NH_4)HSO_4$ ইত্যাদি। দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে যে প্রশম লবণ পাওয়া যায় তাহাকে সাল্‌ফেট বলে, যেমন—Na_2SO_4, $ZnSO_4$ ইত্যাদি। $PbSO_4$, $BaSO_4$, $SrSO_4$ ব্যতীত প্রায় সমস্ত সাল্‌ফেটই জলে দ্রবণীয়। $CaSO_4$, Ag_2SO_4 এবং Hg_2SO_4-এর দ্রাব্যতা অবশ্য খুবই কম।

অ্যালাম বা ফিট্‌কিরি ঃ অ্যালুমিনিয়াম সাল্‌ফেটের সহিত পটাসিয়াম সাল্‌ফেটের মিলনের ফলে যে যুগ্ম সাল্‌ফেট উৎপন্ন হয়, তাহাই সাধারণ ফিট্‌কিরি বা অ্যালাম নামে পরিচিত। ইহার আণবিক সংকেত K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$। কালক্রমে পটাসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের পরিবর্তে যে-কোনো একযোজী বা ত্রিযোজী ধাতুর যুগ্ম সাল্‌ফেটকে সাধারণভাবে অ্যালাম বলা হইতে থাকে। সুতরাং অ্যালাম মাত্রেরই আণবিক সংকেত—

$$R_2^{I}(SO_4), M_2^{III}(SO_4)_3, 24H_2O$$

এইভাবে লেখা যায়।

এখানে R=Na; K, (NH_4), প্রভৃতি যে-কোনো একযোজী ধাতু এবং M=Al, Fe প্রভৃতি যে-কোনো ত্রিযোজী ধাতু।

এই সাধারণ সংকেতবিশিষ্ট অ্যালাম মাত্রই ২৪টি জলের অণুসহ একই স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়। অ্যালামে যদি Al থাকে তবে উহা একযোজী ধাতুর নামে পরিচিত হয়, যথা—

K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$—পটাস্ অ্যালাম ;
$(NH_4)_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$—অ্যামোনিয়াম অ্যালাম।

কিন্তু Al না থাকিলে দুইটি ধাতুরই নাম উল্লেখ করা প্রয়োজন, যেমন—
$(NH_4)_2SO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ - ফেরিক অ্যামোনিয়াম অ্যালাম ;
K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, $24H_2O$—পটাসিয়াম ক্রোমিয়াম অ্যালাম।

কৃত্রিম অ্যালাম (Pseudo alum) : আরও কতকগুলি সাল্ফেট আছে যাহাদের আণবিক সংকেত অ্যালামের অনুরূপ, কিন্তু স্ফটিকাকার ভিন্ন। ইহাদের স্ফটিকে অণুপ্রতি ২৪টি জলের অণু থাকিতে পারে কিংবা না-ও থাকিতে পারে, যথা :—

$MnSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$
$FeSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, $6H_2O$

ইহাদের কৃত্রিম অ্যালাম বলা হয়।

অ্যালামের মধ্যে পটাস অ্যালাম জল বিশোধনে, রঞ্জনশিল্পে, রাগ-বন্ধক হিসাবে (Mordant) ও ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। চামড়া ট্যান্ করিবার কাজে ক্রোম অ্যালামের ব্যবহার আছে।

সাল্ফেট ও সাল্ফিউরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা : সাল্ফেট বা সাল্ফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণে $BaCl_2$ দ্রবণ দিলে যে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, গাঢ় HCl-এও তাহা দ্রবীভূত হয় না। ইহা হইতেই সাল্ফেটের উপস্থিতি বুঝা যায়।

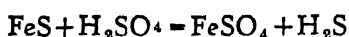
সাল্ফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার : রসায়ন শিল্পে সাল্ফিউরিক অ্যাসিডকে একটি অপরিহার্য উপাদান বলিলেও অত্যুক্তি হয় না। HCl, HNO_3 প্রভৃতি প্রস্তুতি ছাড়া নানাবিধ কৃত্রিম রং, সোডা, সুপার

ফস্‌ফেট, অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট প্রভৃতি সার, নানা বিস্ফোরক পদার্থ, ব্যাটারী প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য প্রচুর সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। পেট্রোলিয়াম-শোধন প্রভৃতি কাজের জন্যও সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের প্রচুর চাহিদা আছে।

হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড (H_2S)

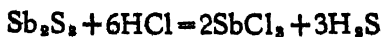
আগ্নেয়গিরির গ্যাসে এবং অনেক সময় প্রস্রবণের জলে দ্রবীভূত অবস্থায় এই গ্যাসটি পাওয়া যায়। সাল্‌ফারযুক্ত অনেক জৈব পদার্থ পচিলে H_2S গ্যাস উৎপন্ন হয়। পচা ডিম প্রভৃতির দুর্গন্ধ কতকটা H_2S-এর জন্যই হয়।

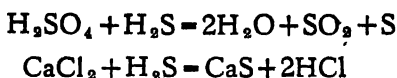
প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরিতে সাধারণত আয়রন্ সাল্‌ফাইডের সহিত লঘু সাল্‌ফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা H_2S প্রস্তুত করা হয়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

থিসিল-ফানেল ও নির্গমনলবিশিষ্ট একটি 'উল্‌ফ' বোতলে টুকরা টুকরা FeS লইয়া তাহাতে লঘু H_2SO_4 অ্যাসিড দেওয়া হয়। নির্গমনল দিয়া যে গ্যাস বাহির হইতে থাকে, বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা তাহা গ্যাসজারে সঞ্চিত করা হয়।

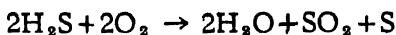
ল্যাবরেটরিতে নানাবিধ পরীক্ষার জন্য H_2S-এর সর্বদা প্রয়োজন হয় বলিয়া হাইড্রোজেনের ন্যায় ইহা 'কিপ্‌' যন্ত্রে উৎপাদন করা হয়। কিপ্‌যন্ত্রের মধ্য-গোলকে FeS-এর বড় বড় টুকরা লওয়া হয় এবং উপরে লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দেওয়া হয়।

FeS হইতে প্রস্তুত H_2S কখনো বিশুদ্ধ হয় না। FeS-এর সহিত প্রায়ই কিছু পরিমাণ আয়রন্ থাকিয়া যায় এবং এই আয়রনের সহিত অ্যাসিডের রাসায়নিক ক্রিয়ার দ্বারা উৎপন্ন হাইড্রোজেন প্রায়ই H_2S-এর সহিত মিশ্রিত থাকে। বিশুদ্ধ অবস্থায় H_2S পাইতে হইলে Sb_2S_3-এর সহিত গাঢ় HCl-এর ক্রিয়া দ্বারা প্রস্তুত করা হয়।

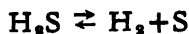
$$Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$$

এই গ্যাসকে জলপূর্ণ গ্যাসধাবকে ধৌত করিয়া P_2O_5-এর সাহায্যে শুষ্ক করা হয়। H_2S শুষ্ক করার জন্য গাঢ় H_2SO_4 বা অনার্দ্র $CaCl_2$ ব্যবহার করা যায় না। কারণ, উক্ত দুই পদার্থের সহিত H_2S নিজেই রাসায়নিক ক্রিয়ায় লিপ্ত হয়।

$$H_2SO_4+H_2S=2H_2O+SO_2+S$$
$$CaCl_2+H_2S=CaS+2HCl$$

হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডের ধর্ম ঃ হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড বাতাস অপেক্ষা ভারী বর্ণহীন গ্যাস। ইহার গন্ধ অনেকটা পচা ডিমের মত। গ্যাসটি জলে দ্রবণীয়, এবং উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত ইহার দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড বিষাক্ত গ্যাস এবং নিঃশ্বাসের সহিত অধিক পরিমাণে গ্রহণ করিলে তাহার ফল মারাত্মক হইতে পারে।

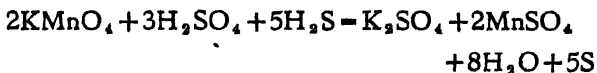
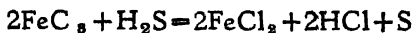
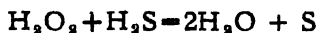
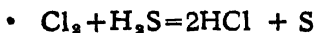
রাসায়নিক ধর্ম ঃ (১) H_2S-পূর্ণ জারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবিষ্ট করাইয়া দাও, দেখিবে, কাঠিটি নিভিয়া গেল কিন্তু H_2S-গ্যাস জারের মুখে নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে লাগিল।

$$2H_2S+2O_2 \rightarrow 2H_2O+SO_2+S$$

ভাল করিয়া লক্ষ্য করিলে জারের গায়ে হলুদবর্ণ সাল্‌ফারের আবরণ দেখিতে পাইবে।

(২) যৌগ হিসাবে H_2S খুব স্থায়ী নহে এবং উত্তপ্ত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া সাল্‌ফার এবং হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।

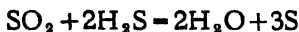
$$H_2S \rightleftarrows H_2+S$$

(৩) **বিজারণ-গুণ ঃ** সাল্‌ফিউরেটেড হাইড্রোজেনের, বিজারণ-গুণ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বিজারণকালে অধিকাংশ ক্ষেত্রে ইহা নিজে জারিত হইয়া সাল্‌ফারে পরিণত হয়।

Cl_2, Br_2, I_2, H_2O_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $FeCl_3$ প্রভৃতি ইহার সংস্পর্শে সহজেই বিজারিত হয়।

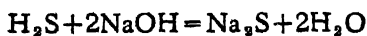
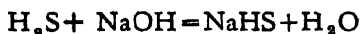
$$Cl_2+H_2S=2HCl + S$$
$$H_2O_2+H_2S=2H_2O + S$$
$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$$
$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$$

পরীক্ষা : (ক) সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$-এর গোলাপী দ্রবণে বুদ্‌বুদাকারে H_2S গ্যাস প্রবাহিত কর। দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া সাদা সাল্‌ফার অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

(খ) H_2SO_4যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে, দ্রবণটি গাঢ় সবুজবর্ণ হইবে এবং সাল্‌ফার অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

H_2S-এর বিজারণ-গুণ এত তীব্র যে, SO_2-এর ন্যায় বিজারকও ইহার সংস্পর্শে বিজারিত হয়।

$$SO_2+2H_2S=2H_2O+3S$$

(৪) গোল্ড ও প্লাটিনাম ব্যতীত অধিকাংশ ধাতুই H_2S গ্যাসের সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়। ধাতব সাল্‌ফাইডের কালো আবরণের জন্যই এরূপ হয়।

(৫) **অ্যাসিড-গুণ :** H_2S-এর জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-গুণসম্পন্ন। ইহা নীল লিট্‌মাসকে লাল করে এবং ক্ষার দ্রবণকে প্রশমিত করে। প্রতিস্থাপনযোগ্য দুইটি হাইড্রোজেন থাকায় ইহা হইতে প্রশম ও আম্লিক উভয় প্রকার লবণ পাওয়া যায়।

$$H_2S+ NaOH=NaHS+H_2O$$
$$H_2S+2NaOH=Na_2S+2H_2O$$

পরীক্ষা : H_2S দ্রবণে একটি নীল লিট্‌মাস কাগজ ফেলিয়া দাও দেখিবে, কাগজটি লাল হইয়া যাইবে।

(৬) হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডের ধাতব লবণকে সালফাইড বলে।

ধাতব লবণের দ্রবণে H_2S প্রবাহিত করিলে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সাল্‌ফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ধাতব সাল্‌ফাইডকে তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়।

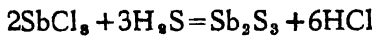
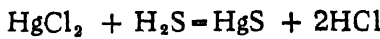
(ক) অ্যাসিডে অদ্রবণীয় ;

(খ) অ্যাসিডে দ্রবণীয়, কিন্তু ক্ষারে অদ্রবণীয় ;

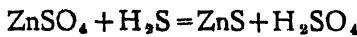
(গ) সর্ব অবস্থাতেই দ্রবণীয়।

(ক) Pb, Ag, Cu, Hg, Sn, Sb, Cd প্রভৃতি সাল্‌ফাইড এই শ্রেণীভুক্ত।

পরীক্ষা ঃ লঘু HCl যুক্ত $HgCl_2$ ও $SbCl_3$ দ্রবণে H_2S গ্যাস প্রবাহিত কর। প্রথম ক্ষেত্রে কালো এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কমলা রংয়ের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাইবে।

$$HgCl_2 + H_2S = HgS + 2HCl$$
$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$$

(খ) Fe, Zn, Ni, Co, Mn প্রভৃতির সাল্‌ফাইড দ্বিতীয় শ্রেণীভুক্ত।

পরীক্ষা ঃ লঘু HClযুক্ত $ZnSO_4$ দ্রবণে H_2S গ্যাস প্রবাহিত কর, কোনো অধঃক্ষেপেই পাওয়া যাইবে না। এখন দ্রবণটিতে অতিরিক্ত KOH দ্রবণ দিয়া তাহার মধ্য দিয়া H_2S গ্যাস প্রবাহিত কর। সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

(গ) Na, K, (NH_4) প্রভৃতির সাল্‌ফাইড সর্ব অবস্থায় দ্রবণীয় বলিয়া অধঃক্ষেপণ দ্বারা এই সমস্ত সাল্‌ফাইড পাওয়া যায় না।

ব্যবহার ঃ ধাতব সাল্‌ফাইড সমূহের বিশেষ রং, দ্রাব্যতা প্রভৃতি অনেক সময় লবণের মধ্যে বিশেষ ধাতু চিনিতে সাহায্য করে বলিয়া রাসায়নিক বিশ্লেষণে H_2S গ্যাস বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

খনির মধ্যে অনেক ধাতু সাল্‌ফাইড হিসাবে পাওয়া যায়। যেমন,—

ZnS—জিঙ্কব্লেণ্ড, HgS—সিনাবার, $CuFeS_2$—কপার পাইরাইটিস্‌, Ag_2S—আর্জেন্টাইট ইত্যাদি

এই সমস্ত সাল্‌ফাইড-আকরিক (ore) হইতে বিশেষ পদ্ধতির সাহায্যে ধাতু নিষ্কাষণ করা হয়।

কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইড (CS_2)

লোহিত-তপ্ত কোকের উপর সাল্‌ফার বাষ্প পরিচালিত করিলে CS_2 পাওয়া যায়।

$$C+2S=CS_2$$

বর্ণহীন, দুর্গন্ধ-বিশিষ্ট এই তরল পদার্থ সহজে দাহ্য। রবার ও তৈল-জাতীয় পদার্থ আয়োডিন, সাল্‌ফার, ফস্‌ফরাস প্রভৃতির দ্রাবক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

Exercises

1. How does sulphur occur in nature? Write what you know about (a) allotropy; (b) properties and (c) uses of sulphur. [প্রাকৃতিক অবস্থায় কি ভাবে সাল্‌ফার পাওয়া যায়? সাল্‌ফারের বহুরূপতা, ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।]

2. Describe the lead chamber process for the manufacture of sulphuric acid, explaining briefly the chemical reactions involved. [রাসায়নিক ক্রিয়ার বিবরণসহ, সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিটি বর্ণনা কর।]

What is the chemical action of conc. sulphuric acid on the following? (a) Cu; (b) S; (c) Pb.

3. How can pure hydrogen sulphide be prepared in the laboratory? What is the action of H_2S on the following? [ল্যাবরেটরিতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড কিরূপে প্রস্তুত করা যায় নিম্নলিখিত পদার্থগুলির উপর হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডের রাসায়নিক ক্রিয়া কি হয় বল :—]

(a) $FeCl_3$ solution ; (b) suspension of iodine in water . (c) Zn SO_4 solution (d) dilute HNO_3.

4. How is the molecular formula of sulphur di-oxide determined ? [সাল্ফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত কিরূপে নির্ণয় করা যায় ?]

5. Describe the chemical reaction of SO_2 with the following :—[স্পর্শ পদ্ধতির সাহায্যে সাল্ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি বর্ণনা কর এবং প্রকোষ্ঠ পদ্ধতির সহিত ইহার সুবিধা অসুবিধার তুলনা কর ।]

(a) acidified $KMnO_4$ solution ; (b) H_2S solution ; (c) PBO_2.

6. Describe the contact process for the manufacture of sulphuric acid and compare its advantages and disadvantages with those of the lead chamber process.

ষড়বিংশ অধ্যায়

বোরন ও বোরিক অ্যাসিড

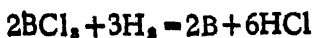
ধাতুদ্রব্যে ঝালাই দেওয়ার বিগালক (Flux) হিসাবে ও মৃৎপাত্রে মসৃণ প্রলেপ দেওয়ার জন্য সোহাগা বা বোরাক্স (Borax) অতি প্রাচীনকাল হইতেই ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে। ডাক্তারখানায় ঔষধ হিসাবে যে বোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়, বোরাক্স তাহারই সোডিয়াম লবণ। বোরিক অ্যাসিড, বোরাক্স প্রভৃতি বোরন নামক মৌলিক পদার্থের যৌগ। ১৮০৭ খৃস্টাব্দে ডেভী প্রথম বোরিক অ্যাসিড হইতে বোরন প্রস্তুত করেন।

যৌগাবস্থায় ইহা সাধারণত বোরিক অ্যাসিড অথবা বোরেট (Borate) হিসাবে পাওয়া যায়। ইটালীর টাস্কেনী অঞ্চলের উষ্ণপ্রস্রবণ-নিঃসৃত স্টীমের সহিত কিছু কিছু বোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। ক্যালিফর্নিয়ার বোরাক্স হ্রদে এবং ভারতের হিমালয় অঞ্চলে ও তিব্বতে যে প্রাকৃতিক বোরাক্স পাওয়া যায় তাহাকে "টিনকাল" (tincal) বলে।

প্রস্তুতি ঃ বোরিক অক্সাইডকে ম্যাগ্‌নেসিয়ামচূর্ণের সহিত অথবা ধাতব Na বা K-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা বোরনে পরিণত হয়।

$$B_2O_3 + 3Mg = 2B + 3MgO$$

বিক্রিয়াজাত দ্রব্যটি গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইয়া, ধৌত ও শুষ্ক করিলে যে বাদামী রংয়ের চূর্ণ পাওয়া যায় তাহাকে অনিয়তাকার বোরন (Amorphous Boron) বলে। দুইটি কপার তড়িৎ দ্বারের মধ্যে বিদ্যুৎশিখার (electric arc) সৃষ্টি করিয়া, তাহার ভিতর দিয়া BCl_3 ও H_2-এর মিশ্রণ প্রবাহিত করিলে কালো স্ফটিকাকারের বিশুদ্ধ বোরন পাওয়া যায়।

$$2BCl_3 + 3H_2 = 2B + 6HCl$$

বোরনের ধর্ম ঃ বোরন অত্যন্ত শক্ত (Hard) কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক খুব উঁচু (2200°) এবং বাতাস বা অক্সিজেন কর্তৃক জারিত হইয়া ইহা B_2O_3-তে পরিণত হয়।

$$4B+3O_2=2B_2O_3$$

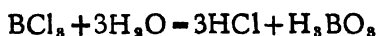
নাইট্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা BN-এ পরিণত হয়।

$$2B+N_2=2BN$$

উত্তপ্ত বোরনের উপর হ্যালোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ইহা বোরন হ্যালাইডে পরিণত হয়।

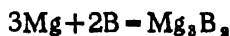
$$2B+3Cl_2=2BCl_3$$

বোরন হ্যালাইডগুলি জলের সংস্পর্শে সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

$$BCl_3+3H_2O=3HCl+H_3BO_3$$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বোরন দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু HNO_3 বা H_2SO_4 অ্যাসিডে ফুটাইলে ইহা বোরিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

$$B+3HNO_3=H_3BO_3+3NO_2$$

কার্বন, সিলিকন প্রভৃতি অধাতু এবং Mg, Al প্রভৃতি ধাতু উচ্চ উষ্ণতায় বোরনের সহিত সংযুক্ত হয়।

$$3Mg+2B=Mg_3B_2$$

বোরিক অ্যাসিড ঃ টাস্‌কেনীর উষ্ণপ্রস্রবণের স্টীমে যে বোরিক অ্যাসিড থাকে, তাহা জলে দ্রবীভূত করিয়া পরে ঐ স্টীমের সাহায্যে সেই জল বাষ্পীভূত করিয়া দ্রবণটি ঘন করিলে সাদা গুঁড়া গুঁড়া স্ফটিকের আকারে বোরিক অ্যাসিড কেলাসিত হয়।

বোরাক্সের ঘন দ্রবণে লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দিলেও বোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

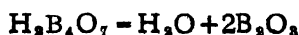
$$Na_2B_4O_7+H_2SO_4+5H_2O=Na_2SO_4+4H_3BO_3$$

বোরিক অ্যাসিডের ধর্ম : বোরিক অ্যাসিড সাদা স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়, উত্তপ্ত করিলে ইহা জল ত্যাগ করিয়া প্রথমে মেটা বোরিক অ্যাসিড ও পরে পাইরোবোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H_3BO_3 = HBO_2 + H_2O$$

$$4HBO_2 = H_2B_4O_7 + H_2O$$

আরও বেশী উত্তপ্ত করিলে (লোহিত-তপ্ত) ইহা B_2O_3-এ পরিণত হয়।

$$H_2B_4O_7 = H_2O + 2B_2O_3$$

বোরিক অ্যাসিড জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিড-গুণ সম্পন্ন।

ব্যবহার : ঔষধে, কাচশিল্পে ও খাদ্যসংরক্ষণে ইহার ব্যবহার আছে।

বোরাক্স (Borax) :

বোরিক অ্যাসিড লবণের মধ্যে বোরাক্স বা সোডিয়াম পাইরোবোরেটই ($Na_2B_4O_7, 10H_2O$) সর্বাপেক্ষা উল্লেখযোগ্য। আমাদের দেশে ইহা সোহাগা নামে পরিচিত।

প্রকৃতিতে টিন্‌কাল (tincal) হিসাবে যে অবিশুদ্ধ বোরাক্স পাওয়া যায়, তাহাকে কেলাসন দ্বারা বিশুদ্ধ করিয়া বোরাক্স প্রস্তুত করা হয়।

ক্যাল্‌সিয়াম বোরেট বা কোলমেনাইটকে গাঢ় সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সহিত ফুটাইয়াও বোরাক্স প্রস্তুত করা হয়।

$$Ca_2B_6O^{11} + 2Na_2CO_3 = 2CaCO_3 + Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2$$

সোডিয়াম পাইরো-বোরেট ($Na_2B_4O_7$), সোডিয়াম মেটাবোরেট ($NaBO_2$)

পরে, দ্রবণটির মধ্যে CO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিয়া মেটাবোরেটকে পাইরোবোরেটে রূপান্তরিত করা হয়।

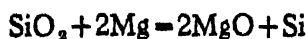
$$4NaBO_2 + CO_2 = Na_2B_4O_7 + Na_2CO_3$$

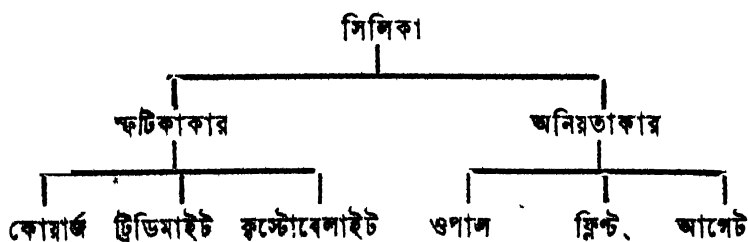
সপ্তবিংশ অধ্যায়

*সিলিকন (Si)

মৌলিক সিলিকনের সহিত আমাদের পরিচয় না থাকিলেও ইহার অক্সাইড সিলিকা (SiO_2) বা বালুর সহিত আমরা সকলেই পরিচিত। বস্তুত কোয়ার্জ (quartz), বালু (sand), ওপাল (opal) প্রভৃতি অধিকাংশ পাথরই সিলিকন ডাই-অক্সাইড, বা সিলিকারই প্রকারভেদ। তদ্ব্যতীত সিলিকেট হিসাবে ইহা মাটি (soil), কাদা (clay), পাথর প্রভৃতির মধ্যেও বর্তমান। অ্যাসবেস্টস, অভ্র প্রভৃতি খনিজপদার্থও সিলিকেট-গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত।

সিলিকন প্রস্তুতি : SiO_2-কে Mg-র সহিত উত্তপ্ত করিলে সিলিকন পাওয়া যায়।

$$SiO_2 + 2Mg = 2MgO + Si$$

সিলিকা বা সিলিকন ডাই-অক্সাইড (SiO_2) : সিলিকন যৌগের মধ্যে সিলিকাই সর্বপ্রধান। সিলিকা স্ফটিকাকার ও অনিয়তাকার (amorphous) দুই প্রকার হয়। ইহাদের প্রত্যেকের আবার তিনটি বিভিন্ন রূপ দেখা যায়। যথা—

১। বালু

২। অ্যামেথিস্ট বা পদ্মরাগমণি

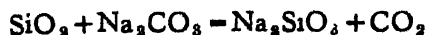
৩। ক্যাট্‌স-আই বা বৈদূর্যমণি

জলবায়ুর সংঘাতে কোয়ার্জ ক্ষয় হইয়া বালুকণায় পরিণত হয়। কোয়ার্জ স্ফটিকে অনেক সময় সামান্য ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) দ্রবীভূত থাকায় জন্য ইহার চমৎকার গোলাপী রং হয়। তখন ইহাকে পদ্মরাগমণি বলে। বৈদূর্যমণি কোয়ার্জের অ্যাস্‌বেস্‌ট্‌স্‌-মিশ্রিত স্ফটিক। বাঁশ প্রভৃতির পাতায় কিনারায় সিলিকা থাকে বলিয়া পাতাগুলি এত ধারালো হয়।

সিলিকার ধর্ম ঃ সিলিকা শক্ত, কঠিন পদার্থ। ইহা কাচের উপর দাগ কাটিতে পারে। 1700° সেঃ গ্রেঃ উষ্ণতায় কোয়ার্জ গলিয়া তরল হইয়া যায়। এই গলিত কোয়ার্জ হইতে কাচের ন্যায় নানাপ্রকার পাত্র, লেন্স্ প্রভৃতি প্রস্তুত করা যায়। তাপজনিত প্রসারণ (coefficient of expansion) খুব কম বলিয়া অনেক ক্ষেত্রে কাচপাত্র অপেক্ষা কোয়ার্জ-পাত্রের ব্যবহার অধিক সুবিধাজনক। কোয়ার্জ লেন্সের ভিতর দিয়া অতি-বেগুনী (ultraviolet) ও অবলোহিত (Infra-red) রশ্মি যাইতে পারে বলিয়া এই সকল রশ্মি লইয়া কাজ করিবার সময় কোয়ার্জ লেন্স্ ব্যবহৃত হয়। গলিত কোয়ার্জ হইতে প্রস্তুত সূক্ষ্ম সূতা নানা যন্ত্রপাতি প্রস্তুতিকালে ব্যবহৃত হয়।

সিলিকার রাসায়নিক সক্রিয়তা খুব বেশী নহে। হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড ব্যতীত অন্য কোনো অ্যাসিডে ইহা দ্রবীভূত হয় না। জল ও ক্ষার-দ্রবণেও ইহা অদ্রাব্য, কিন্তু কস্টিক সোডা অথবা Na_2CO_3-এর সহিত গলাইলে ইহা সোডিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়।

$$SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O$$

$$SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

জলে দ্রবীভূত হইয়া সিলিসিক অ্যাসিডে পরিণত না হইলেও এই রাসায়নিক ক্রিয়া হইতে ইহাকে আম্লিক অক্সাইড বলিয়া চেনা যায়।

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম সিলিকেট জলে দ্রবণীয় বলিয়া ইহারা ওয়াটার গ্লাস বা দ্রবণীয় কাচ নামে পরিচিত। অগ্নিরোধী প্রলেপ

হিসাবে, ডিম সংরক্ষণে ও সাবানশিল্পে ইহা ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম সিলিকেট ব্যতীত সমস্ত সিলিকেটই জলে অদ্রবণীয়। আমাদের সুপরিচিত অনেক পদার্থেই সিলিকেট থাকে, যেমন—

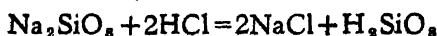
(১) সাধারণ মাটিতে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটের সহিত থাকে অন্যান্য নানা পদার্থ। কেওলিন বা চীনামাটিতে থাকে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট।

(২) অভ্রতে থাকে পটাসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট।

(৩) অ্যাস্‌বেস্‌টসে ক্যাল্‌সিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম সিলিকেট ইত্যাদি।

সিলিসিক অ্যাসিড (H_2SiO_3) :

সোডিয়াম সিলিকেটের গাঢ় দ্রবণে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে সিলিসিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া জেলির ন্যায় জমিয়া যায়। ইহাকে **সিলিসিক অ্যাসিড জেল্** বলা হয়।

$$Na_2SiO_3+2HCl=2NaCl+H_2SiO_3$$

আবার লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সোডিয়াম-সিলিকেটের লঘু দ্রবণ ধীরে ধীরে ঢালিতে থাকিলে, কলয়েড অবস্থায় সিলিসিক অ্যাসিড বা 'সল্' পাওয়া যায়। ঝিল্লী-বিশ্লেষণ (Dialysis) সাহায্যে ইহাকে সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে পৃথক করা হয়।

কাচ (Glass) : কতকগুলি সিলিকেট মিশ্রিত করিয়া গলাইয়া ঠাণ্ডা করিলে যে অদ্রাব্য স্বচ্ছ পদার্থ পাওয়া যায় তাহাই কাচ। সিলিকেট-গুলির মধ্যে একটি হয় সোডিয়াম বা পটাসিয়াম সিলিকেট এবং আর একটি Ca, Ba, Pb প্রভৃতি কোনো দ্বি-যোজী ধাতুর সিলিকেট। সাধারণ পরিষ্কার বালির সহিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বনেট, ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেট এবং লিথার্জ (Litharge) নামে একপ্রকার লেড্-অক্সাইড একত্র মিশ্রিত করিয়া প্রায় 1400° ডিগ্রিতে উত্তপ্ত করা হয়। গলিত তরল পদার্থটি লোহার নলের অগ্রভাগে লইয়া ফুঁ দিয়া তাহা হইতে বিভিন্ন প্রকার পাত্র প্রস্তুত করা হয়। গরম হইতে হঠাৎ ঠাণ্ডা করিলে ফাটিয়া যাইতে পারে বলিয়া কাচপাত্রকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করা হয়।

বালির সহিত অনেক সময় সামান্য আয়রন্ অক্সাইড থাকায় কাচের রং সবুজ হয়। কাচ-প্রস্তুতকালে ইহার সহিত কিছুটা MnO_2 মিশাইলে ইহার সবুজ রং নষ্ট হয়। MnO_2 সবুজ ফেরাস্ সাল্‌ফেটকে জারিত করিয়া ঈষৎ হলুদ ফেরিক্ সাল্‌ফেটে পরিণত করে, এবং $MnSiO_3$-এর ঈষৎ বেগুনী রং-এর সহিত মিশিয়া ইহা বর্ণহীন হয়। সাধারণ কাচে সোডিয়াম ও ক্যাল্‌সিয়াম সিলিকেট থাকে। শক্ত কাচে সোডিয়ামের পরিবর্তে পটাসিয়াম থাকে।

মৃৎশিল্প : মৃৎশিল্প মানবসমাজে একটি অতি প্রাচীন শিল্প। গৃহনির্মাণের কার্যে ব্যবহৃত ইট, টালি ও নিত্যব্যবহার্য নানাপ্রকার পাত্রাদি মাটি হইতে প্রস্তুত হয়। সাধারণ মাটিতে কেওলিন বা চীনামাটির সহিত বালি, আয়রন্ অক্সাইড, ম্যাঙ্গানীজ অক্সাইড ইত্যাদি নানা অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকায় ইহা হইতে প্রস্তুত ইট বা বাসনপত্রের রং লাল হয় এবং বিশুদ্ধ কেওলিন বা চীনামাটির প্রস্তুত দ্রব্যের ন্যায় সুদৃশ্য হয় না। চীনামাটি বা কেওলিন, সোদক অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট (Al_2O_3, $2SiO_2$, $2H_2O$)। সেই চূর্ণের সহিত জল মিশ্রিত করিলে যে নমনীয় পদার্থ পাওয়া যায়, তাহাকে ইচ্ছামত আকার দেওয়া যায়। কেওলিনচূর্ণের সহিত কিছু ফেলস্‌প্যার (পটাসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট) ও কোয়ার্জ (SiO_2)চূর্ণ মিশ্রিত করা হয়। চুল্লীর মধ্যে প্রায় 1200°তে উত্তপ্ত করিলে কেওলিন জলশূন্য হইয়া শক্ত হইয়া যায় এবং ফেলস্‌পার, কোয়ার্জ প্রভৃতি গলিয়া সিলিকেটের যে মিশ্রণ উৎপন্ন করে, তাহাতে উপরিভাগ কাচের ন্যায় মসৃণ হয়।

কার্বোরেণ্ডাম বা সিলিকন কার্বাইড (Carborandum, SiC) : কার্বন এবং বালুর মিশ্রণকে বিশেষভাবে-নির্মিত তড়িদ্ চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া কার্বোরেণ্ডাম বা সিলিকন কার্বাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$SiO_2 + 3C = 2CO + SiC$$

কার্বোরেণ্ডাম অত্যন্ত শক্ত কঠিন পদার্থ। কাচ কাটা, পালিশ করা প্রভৃতি কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়।

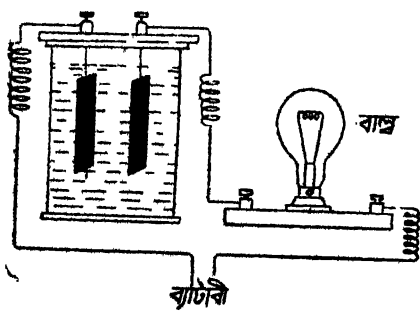
অষ্টাবিংশ অধ্যায়

তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ

আমরা সকলেই জানি যে তাম্র, রৌপ্য প্রভৃতি ধাতুর মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-চলাচল সহজ ; কিন্তু ইট, কাঠ, গন্ধক, চিনি প্রভৃতি পদার্থ বিদ্যুৎ-চলাচলে অক্ষম। যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ চলাচল করে, তাহাদের তড়িদ্‌-পরিবাহী (Conductors) ও যাহারা বিদ্যুৎ-চলাচলে অক্ষম তাহাদের অপরিবাহী (Non-conductors) বলা হয়। তড়িদ্‌-পরিবাহী পদার্থ দুইপ্রকার হইতে পারে, যথা—

(১) **ধাতব পরিবাহী (Metallic conductors) :** ইহাদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-চলাচলের ফলে ইহাদের কোনো স্থায়ী পরিবর্তন হয় না। সমস্ত ধাতু এবং গ্রাফাইট প্রমুখ কয়েকটি অধাতু এই পর্যায়ে পড়ে। ইহাদের মধ্য দিয়া সহজে ইলেকট্রন চলাচল করিতে পারে বলিয়া ইলেকট্রনের সাহায্যেই ইহারা বিদ্যুৎ পরিবহন করে। ব্যাটারীর অপরা-প্রান্তের অতিরিক্ত ইলেকট্রন, পরিবাহীর মধ্য দিয়া গিয়া পরা-প্রান্তের ইলেকট্রন অভাব পূর্ণ করে এবং এই ইলেকট্রন স্রোতকেই আমরা বিদ্যুৎপ্রবাহ বলি।

(২) অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহণ করিতে সক্ষম। কিন্তু বিদ্যুৎপ্রবাহের ফলে ইহারা নিজে বিযোজিত হইয়া যায়। ইহাদিগকে তড়িদ্‌-বিশ্লেষ্য পদার্থ (Electrolytes) বলা হয়।

নিম্ন চিত্রের অনুরূপ যন্ত্রের সাহায্যে বিভিন্ন পদার্থের পরিবহন-ক্ষমতা পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইতে পারে। একটি ব্যাটারীর দুই প্রান্তের তার একটি ইলেকট্রিক বাল্‌ব-এর মধ্য দিয়া একটি বীকারে রক্ষিত দুইটি কপার বা প্লাটিনাম পাতের সহিত সংযুক্ত করা হয়। এখন বীকারটি বিশুদ্ধ জলে

১০৬নং চিত্র

পূর্ণ করিলে দেখা যাইবে যে বাল্‌বটি মোটেই জ্বলে না। ইহাতে চিনি কিংবা

গ্লিসারিন দিলেও সেই অবস্থা। কিন্তু জলে অল্প একটু লবণ কিংবা সাল্‌-ফিউরিক অ্যাসিড দিলে বাল্‌বটি জ্বলিতে থাকিবে। এই পরীক্ষা হইতে বুঝা গেল যে, বিশুদ্ধ জল অথবা চিনি, গ্লিসারিন প্রভৃতির জলীয় দ্রবণের বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা নাই বলিলেও চলে—লবণ, অ্যাসিড প্রভৃতির দ্রবণ উত্তম পরিবাহী।

ধাতুর যে পাত দুইটি দ্রবণে নিমজ্জিত থাকে তাহাদের বলা হয় তড়িৎ-দ্বার (Electrodes)। ব্যাটারীর পরা প্রান্তের সহিত সংযুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে অ্যানোড (Anode) এবং অপরা প্রান্তের সহিত সংযুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে ক্যাথোড (Cathode) বলে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-পরিচালনাকালে অ্যানোড ও ক্যাথোডের নিকট রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে পদার্থটি বিযোজিত হইয়া নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। উপরের পরীক্ষায় লবণের জলীয় দ্রবণের পরিবর্তে গলিত লবণ (গলনাঙ্ক $= 801^\circ$) লইলে দেখা যাইবে ইহাও উত্তম তড়িৎ-পরিবাহী। এই সমস্ত ক্ষেত্রে আয়নের সাহায্যে বিদ্যুৎ পরিবাহিত হয় বলিয়া এইরূপ পরিবহনকে **আয়নীয় পরিবহন** বলা হয়।

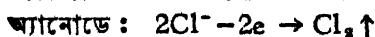
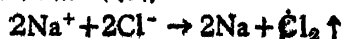
আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, সোডিয়াম ক্লোরাইডের কঠিন অবস্থাতেও ইহার স্ফটিকে সোডিয়াম ও ক্লোরিন আয়ন হিসাবে থাকে। এই আয়ন-গুলি বেশ স্থায়ী। ইহারা সহজে ইলেকট্রন ত্যাগ বা গ্রহণ করে না। কঠিন স্ফটিকের মধ্যে ইহারা পরস্পরকে দৃঢ়ভাবে ধরিয়া রাখিলেও গলিত অবস্থায় আয়নগুলি অনেকটা সহজভাবে বিচরণ করিতে পারে। ফলে, গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যে নিমগ্ন বিদ্যুৎ-দ্বার দুইটি ব্যাটারীর দুই প্রান্তে সংযুক্ত করিলে পরাবিদ্যুতান্বিত সোডিয়াম আয়ন, অপরাবিদ্যুতান্বিত ক্যাথোডের দিকে, এবং অপরাবিদ্যুতান্বিত ক্লোরাইড আয়ন, পরা-বিদ্যুতান্বিত অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয়।

সোডিয়াম আয়ন ক্যাথোড হইতে একটি ইলেকট্রন লইয়া সোডিয়াম অ্যাটমে পরিণত হয়, এবং ক্লোরাইড আয়ন হইতে একটি ইলেকট্রন গিয়া অ্যানোডে আশ্রয়লাভ করে।

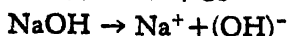
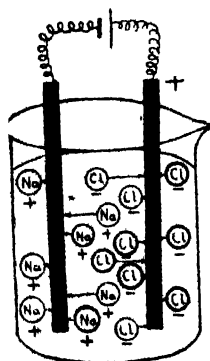
ক্যাথোডে : $2Na^+ + 2e \rightarrow 2Na$

অ্যানোডে : $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2 \uparrow$

মোট রাসায়নিক ক্রিয়াটি হইবে,

$$2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na + Cl_2 \uparrow$$

লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে, ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়ন বিজারিত এবং অ্যানোডে ক্লোরাইড আয়ন জারিত হয়। সুতরাং, তড়িদ্-বিশ্লেষণের রাসায়নিক ক্রিয়াকে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া বলা যাইতে পারে।

তড়িদ্-বিশ্লেষ্য পদার্থে আয়নের অস্তিত্ব ও বিদ্যুৎ-পরিচালনায় তাহাদের ভূমিকার কথা প্রথম প্রচার করেন সুইডেনবাসী বৈজ্ঞানিক স্বান্তে আর্হেনীয়াস্ (Svante Arrhenius) তাঁহার সুবিখ্যাত তড়িদ্-বিযোজনবাদে (Theory of Electrolytic Dissociation)। এই মত অনুসারে কোনো লবণ, ক্ষার, কিংবা অ্যাসিডকে জলে দ্রবীভূত করিলে তাহাদের অণুগুলি স্বতই বিপরীত-ধর্মবিশিষ্ট দুইটি ভাগে বিভক্ত হইয়া যায়। যেমন,

$$NaCl \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}$$
$$HCl \rightarrow H^{+} + Cl^{-}$$
$$NaOH \rightarrow Na^{+} + (OH)^{-}$$

ইত্যাদি। পরাবিদ্যুতান্বিত কণিকাগুলিকে ক্যাটায়ন (Cation) এবং অপরাবিদ্যুতান্বিত কণিকাগুলিকে অ্যানায়ন (Anion) বলা হয়। দ্রবণের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডে এবং অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে গিয়া যথাক্রমে ইলেক্ট্রন গ্রহণ এবং ত্যাগ দ্বারা বিদ্যুৎহীন কণায় পরিণত হয়।

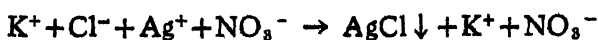
১০৭ নং চিত্র—তড়িদ্-বিশ্লেষণ

বিদ্যুৎ-পরিবহন ও বিদ্যুৎ চালনায় ফলে বিযোজন ছাড়া আরও কয়েকটি বিষয়ে সাধারণ দ্রবণ হইতে তড়িদ্-বিশ্লেষ্য দ্রবণের পার্থক্য দেখা যায়।

তড়িদ্-বিশ্লেষ্য পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম ঃ তড়িদ্-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে রাসায়নিক ক্রিয়া আয়নের মধ্যে হয় বলিয়া প্রতিটি আয়ন স্বাধীনভাবে রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। আয়নের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া সাধারণত স্থান-বিনিময় বা বিপরিবর্ত পদ্ধতিতে সংঘটিত হয়। যেমন,

$$KCl + AgNO_3 = KNO_3 + AgCl \downarrow$$

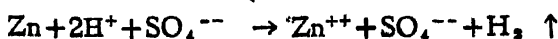
এস্থলে প্রকৃত রাসায়নিক ক্রিয়াটি সিল্ভার আয়ন (Ag^+) ও ক্লোরাইড আয়নের (Cl^-) মধ্যে হয় বলিয়া সিল্ভারের যে-কোনো দ্রবণীয় লবণ ও যে-কোনো দ্রবণীয় ক্লোরাইড লইলেও সিল্ভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইবে। সমীকরণটি এইভাবে লেখা যায়,

$$K^+ + Cl^- + Ag^+ + NO_3^- \rightarrow AgCl\downarrow + K^+ + NO_3^-$$

তড়িদ্বিশ্লেষ্য পদার্থের আয়নের সহিত অন্য পদার্থের প্রতিস্থাপন-ক্রিয়াও (Displacement Reaction) সহজে হয়। যেমন, জিঙ্ক্ ও কপার সাল্ফেটের গুঁড়া কঠিন অবস্থায় মিশ্রিত করিলে কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না, কিন্তু কপার সাল্ফেট দ্রবণে জিঙ্ক্ গুঁড়া দিলে জিঙ্ক্ আয়ন হিসাবে দ্রবীভূত হয় এবং কপার আয়ন কপার ধাতুতে পরিণত হয়।

$$Zn + Cu^{++} + SO_4^{=} \rightarrow Zn^{++} + SO_4^{=} + Cu$$

লঘু সাল্ফিউরিক অ্যাসিডে জিঙ্ক্ দিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 2H^+ + SO_4^{--} \rightarrow Zn^{++} + SO_4^{--} + H_2\uparrow$$

তড়িদ্-বিশ্লেষণ

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িদ্-বিশ্লেষণ :—আমরা দেখিয়াছি যে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে, ইহা বিযোজিত হইয়া সোডিয়াম ধাতু ও ক্লোরিন গ্যাসে পরিণত হয়। কিন্তু, সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস ও অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। উভয় ক্ষেত্রেই বিদ্যুৎপ্রবাহ সোডিয়াম ও ক্লোরাইড আয়নের দ্বারা বিদ্যুৎ-দ্বার (electrode) সন্নিকটে নীত হয়। কিন্তু জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে জল হইতে উদ্ভূত হাইড্রোজেন এবং হাইড্রক্সিল আয়নই প্রথম বিদ্যুৎহীন হইয়া তড়িৎ-দ্বারে নির্গত হয়।

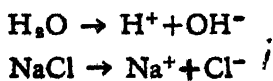
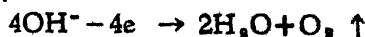
$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

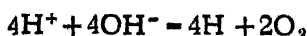
$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

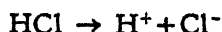
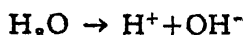
ক্যাথোডে :

$$2H^{+}+2e \rightarrow H_2 \uparrow$$

অ্যানোডে :—

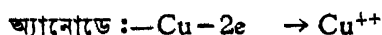
$$4OH^{-}-4e \rightarrow 2H_2O+O_2 \uparrow$$

সুতরাং, মোট রাসায়নিক ক্রিয়াটি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

$$4H^{+}+4OH^{-}=4H+2O_2$$

(২) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের দ্রবণে থাকে হাইড্রোজেন আয়ন, হাইড্রক্সিল আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়ন।

$$H_2O \rightarrow H^{+}+OH^{-}$$
$$HCl \rightarrow H^{+}+Cl^{-}$$

বিদ্যুৎ পরিচালনার ফলে হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিলই প্রথম বিদ্যুৎহীন হয়, এবং বিদ্যুৎ-দ্বার হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

(৩) কপার সাল্‌ফেট দ্রবণের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণঃ কপারনির্মিত বিদ্যুৎ-দ্বারের সাহায্যে কপার সাল্‌ফেট দ্রবণের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডের উপর ধাতব কপারের আস্তরণ পড়ে এবং অ্যানোড হইতে কপার দ্রবীভূত হয়।

ক্যাথোডে :—$Cu^{++}+2e \rightarrow Cu$

অ্যানোডে :—$Cu-2e \rightarrow Cu^{++}$

ফ্যারাডের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ সূত্র ঃ

বহু পরীক্ষা দ্বারা ফ্যারাডে দেখাইয়াছিলেন যে তড়িদ্‌বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে ও অ্যানোডে প্রাপ্ত পদার্থের পরিমাণ মোট বিদ্যুৎ-পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। তড়িদ্‌-বিশ্লেষণকালে উৎপন্ন পদার্থ ও তড়িদ্‌-পরিমাণের

মধ্যে এই সম্পর্কটি তিনি একটি সূত্রের আকারে প্রকাশ করেন। সূত্রটি এইরূপ :—

তড়িদ্-বিশ্লেষণকালে কোনো তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্নপদার্থের পরিমাণ মোট বিদ্যুৎ-পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। বিদ্যুৎ-পরিমাণ আবার নির্ভর করে বিদ্যুৎ-প্রবাহের শক্তি ও সময়ের উপর। বিদ্যুৎ-প্রবাহের শক্তি সাধারণত অ্যাম্পিয়ারে (Amperes) ও সময় সেকেণ্ডে (Seconds) প্রকাশ করা হয়। ইহাদের গুণফল মোট বিদ্যুৎ-পরিমাণের সমান। c-অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহ t-সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত হইলে মোট বিদ্যুৎ-পরিমাণ Q হইবে।

$$Q = c \times t \text{ কুলম্ব্ (coulomb)}$$

'Q' কুলম্ব্ বিদ্যুৎ-পরিচালনার ফলে যদি কোনো তড়িৎ-দ্বারে 'W' গ্রাম্ পদার্থ সঞ্চিত হয়, তবে ফ্যারাডের সূত্রানুযায়ী,

$$W \propto Q \propto c \times t$$

$$\text{অথবা, } W = Z \times c \times t = Z \times Q$$

এস্থলে Z একটি নিত্য সংখ্যা। ইহাকে তাড়িদ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক **(electrochemical equivalent)** বলে। উপরের সমীকরণে Q যদি 1 কুলম্ব্ হয় তবে,

W = Z, অর্থাৎ 1 কুলম্ব্ বিদ্যুৎ-পরিচালনার ফলে যে পদার্থের যত গ্রাম্ উৎপন্ন হইবে, তাহাই সেই পদার্থের তাড়িদ্রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক। ইহা হইতে বলা যাইতে পারে যে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োগে দুইটি পদার্থের উৎপন্ন ওজনের পরিমাণ W_1 এবং W_2 ও তাহাদের তাড়িদ্রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক Z_1 এবং Z_2 হইলে,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

উদাহরণ : (১) এক কুলম্ব্ বিদ্যুৎ পরিচালনার ফলে 0·00112 গ্রাম্

সিল্‌ভার উৎপন্ন হয়। 7 মিনিট ধরিয়া 4 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ পরিচালনা করিলে মোট কত গ্রাম্ সিল্‌ভার পাওয়া যাইবে ?

$$W = Z \times c \times t$$
$$= 0{\cdot}00112 \times 4 \times 7 \times 60$$
$$= 1{\cdot}88 \text{ গ্রাম্।}$$

(২) 2 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ পরিচালনার ফলে 40 মিনিটে 1·58 গ্রাম্ কপার উৎপন্ন হয়। কপারের তাড়িদ্‌রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

$$W = Z \times c \times t$$

সুতরাং, $$Z = \frac{W}{c \times t}$$

অথবা,

$$Z = \frac{1{\cdot}58}{2 \times 40 \times 60}$$
$$= 0{\cdot}000329$$

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র :

যে কোনো পদার্থের 1 গ্রাম্-তুল্যাঙ্কের উৎপত্তির জন্য একই পরিমাণ বিদ্যুৎ লাগিবে। এই বিদ্যুতের পরিমাণ 96,540 কুলম্ব্ বা 1 ফ্যারাডে। এই সূত্রটি অন্যভাবেও বলা যায়, যথা—

একই পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রেরণের ফলে উৎপন্ন বিভিন্ন পদার্থের ওজনের পরিমাণ তাহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতে হয়। অর্থাৎ কোনো পরীক্ষায় 'Q' কুলম্ব্ বিদ্যুৎ প্রেরণের ফলে যদি দুইটি পদার্থের W_1 এবং W_2 গ্রাম্ পাওয়া যায়, এবং পদার্থ দুইটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যদি E_1 এবং E_2 হয় তবে,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

সুতরাং $$\frac{E_1}{F_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

অর্থাৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এবং তাড়িদ্‌রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক পরস্পরের সহিত বিশেষভাবে সম্পর্কযুক্ত। আমরা দেখিয়াছি যে এক কুলম্ব্ বিদ্যুৎ দ্বারা উৎপন্ন ওজনকে তাড়িদ্‌রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এবং 1 ফ্যারাডে বা 96,540 কুলম্ব্ দ্বারা উৎপন্ন ওজনকে রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

সুতরাং $E = 99{,}540 \times Z$

অথবা $Z = \frac{E}{96{,}540}$

অর্থাৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ককে 96,540 কুলম্ব্ দ্বারা ভাগ করিলেই তাড়িদ্‌রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক পাওয়া যাইবে।

"এক গ্রাম্ তুল্যাঙ্ক সর্বদা এক ফ্যারাডে বা 96,540 কুলম্ব্ বিদ্যুতের দ্বারা উৎপন্ন হয়"—ফ্যারাডে-আবিষ্কৃত এই তথ্যটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। কারণ ইহা হইতে বুঝা যায় যে দ্রবীভূত অবস্থায় প্রত্যেক কণিকার (Ion) সহিত নির্দিষ্ট বিদ্যুৎমাত্রা সংযুক্ত থাকে।

এক গ্রাম্ অণু বা পরমাণুতে মোট অণু বা পরমাণুর সংখ্যা নির্দিষ্ট এবং এই সংখ্যাটিকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা **(Avogadro number)** বলে এবং 'N' অক্ষর দ্বারা ইহা সূচিত হয়। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িদ্-বিশ্লেষণ করিলে এক গ্রাম্ অণু সোডিয়াম ক্লোরাইডের 'N' অণু বিযোজিত হইয়া N সোডিয়াম আয়ন এবং N ক্লোরাইড আয়ন উৎপন্ন হইবে। প্রত্যেক ইলেকট্রনের বিদ্যুৎমাত্রা 'e' কুলম্ব্ হইলে সোডিয়াম আয়নের বিদ্যুৎমাত্রাও 'e' কুলম্ব্ হইবে। সুতরাং, N সোডিয়াম আয়নের মোট বিদ্যুৎমাত্রা হইবে Ne কুলম্ব্ এবং এই Ne কুলম্ব্ পরাবিদ্যুৎ প্রশমিত করিতে $N \times e$ কুলম্ব্ অপরাবিদ্যুতের প্রয়োজন হইবে। এই $N \times e$ কুলম্ব্ই 1 ফ্যারাডে বা 96,540 কুলম্ব্। সুতরাং, $N \times e$ কুলম্ব্ বা 1 ফ্যারাডে বিদ্যুৎ 23 গ্রাম্ সোডিয়াম উৎপন্ন করিবে।

আবার, 1 গ্রাম্-অণু ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডের N অণু হইতে প্রাপ্ত N ক্যাল্‌সিয়াম আয়নের প্রত্যেকটির বিদ্যুৎমাত্রা 2e। সুতরাং 1 গ্রাম্ আয়ন ক্যাল্‌সিয়াম উৎপন্ন করিতে

$2 \times e \times N$ কুলম্ব্ বিদ্যুৎ লাগিবে।

অতএব $\frac{1}{3}$ গ্রাম্ আয়নের জন্ত $N \times e$ কুলম্ব্ বা 1 ক্যারাডে লাগিবে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, যে-কোনো পদার্থের 1 গ্রাম্ তুল্যাঙ্ক উৎপন্ন করিতে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ লাগিবে।

উদাহরণ: (১) তিনটি পাত্রে যথাক্রমে সিল্‌ভার, জিঙ্ক্ ও ফেরিক্ আয়ন দ্রবীভূত আছে। তাহাদের মধ্য দিয়া পর পর 0·2 ক্যারাডে বিদ্যুৎ চালনা করিলে প্রত্যেকটি ধাতুর কত গ্রাম্ উৎপন্ন হইবে?

1 ক্যারাডে বিদ্যুৎ 1 গ্রাম্ তুল্যাঙ্ক ধাতু উৎপন্ন করে,

সুতরাং, 0·2 ক্যারাডে হইতে 0·2 গ্রাম্ তুল্যাঙ্ক পাওয়া যাইবে।

সিল্‌ভারের তুল্যাঙ্ক $= 107{\cdot}9$

জিঙ্ক্-এর " $= \frac{65{\cdot}38}{2} = 32{\cdot}69$

ফেরিক্-এর " $= \frac{55{\cdot}85}{3} = 18{\cdot}62$

সুতরাং,

উৎপন্ন সিল্‌ভারের পরিমাণ $= 0{\cdot}2 \times 107{\cdot}9$
$= 21{\cdot}58$ গ্রাম্

" জিঙ্ক্-এর পরিমাণ $= 0{\cdot}2 \times 32{\cdot}69$
$= 6{\cdot}54$ গ্রাম্

" আয়রনের পরিমাণ $= 0{\cdot}2 \times 18{\cdot}62$
$= 3{\cdot}72$ গ্রাম্।

(২) 5 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহ 30 মিনিট কাল পরিচালিত হওয়ার ফলে ক্যাথোডে 3·048 গ্রাম্ জিঙ্ক্ উৎপন্ন হয়। জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

এই পরীক্ষায় মোট বিদ্যুতের পরিমাণ $5 \times 30 \times 60$ কুলম্ব্
বা 9,000 কুলম্ব্.

9,000 কুলম্ব্ হইতে 3·048 গ্রাম্ জিঙ্ক্ পাওয়া যায়,

$\therefore$ 96,540 " " $\frac{3{\cdot}048 \times 96{,}540}{9{,}000}$ " " "

অথবা " " " 32·7 গ্রাম্ " " "

সুতরাং, জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক ওজন $= 32{\cdot}7$.

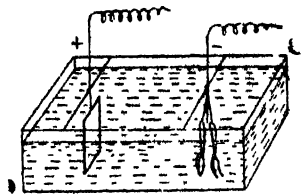
তড়িদ্-বিশ্লেষণের রাসায়নিক প্রয়োগ

(ক) **তড়িদ্-লেপন (Electroplating) :** তোমরা বাড়ীতে যে সব চামচ, ফুলদানী প্রভৃতি দেখ, নূতন অবস্থায় সেগুলি দেখিতে ঝকঝকে হইলেও কিছুদিন ব্যবহারের পর উপরের পালিস নষ্ট হইয়া ইহাদের ভিতর হইতে পিতল বাহির হইয়া পড়ে। আসলে ঐসব জিনিসগুলিতে পিতল বা ঐ রকম ধাতুর উপর নিকেল অথবা সিল্‌ভারের প্রলেপ দেওয়া থাকে বলিয়া উহাদিগকে রূপার মত ঝকঝকে দেখায়। শ্রী বৃদ্ধির জন্যই যে সবসময় প্রলেপ দেওয়া হয় তাহা নহে, অনেক সময় মরিচা প্রভৃতি কারণে ধাতুর ক্ষয় বন্ধ করিবার জন্যও প্রলেপ দেওয়া প্রয়োজন হয়। যেমন, লোহার জিনিসে ক্রোমিয়ামের প্রলেপ দিলে লোহায় মরিচা ধরে না।

সিল্‌ভারের প্রলেপ সাধারণত কপার কিংবা নিকেলের উপর দেওয়া হয়।

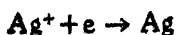
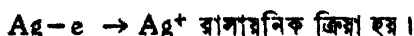
পরীক্ষা : একটি কপার কিংবা পিতলের চামচকে প্রথমে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ও পরে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ দ্বারা উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া ক্যাথোডরূপে একটি তড়িদ্-বিশ্লেষক সেলে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়, এবং একখণ্ড রূপার পাতকে অ্যানোড করা হয়। লঘু সিল্‌ভার নাইট্রেটে পটাসিয়াম সায়ানাইডের (বিষ!) দ্রবণ দিলে প্রথম যে অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়,

১০৮নং চিত্র

অতিরিক্ত পটাসিয়াম সায়ানাইডে তাহা দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণে সিল্‌ভার, পটাসিয়াম আর্জেন্টো সায়ানাইডরূপে [$KAg(CN)_2$] দ্রবীভূত থাকে। এই দ্রবণ দ্বারা সেল পূর্ণ করা হয় যেন ক্যাথোড এবং অ্যানোড

ডুবিয়া যায়। এখন ক্যাথোড ও অ্যানোড ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিলে ক্যাথোডে

$$Ag^{+} + e \rightarrow Ag$$

এবং অ্যানোডে,

$Ag - e \rightarrow Ag^{+}$ রাসায়নিক ক্রিয়া হয়।

উক্ত সিল্ভার আর্জেণ্টো সায়ানাইড না লইয়া সিল্ভার নাইট্রেট দ্রবণ লইলেও ক্যাথোডে সিল্ভার জমা হইবে, কিন্তু প্রলেপটি দেখিতে রূপার মত না হইয়া কালো হইবে। সিল্ভার আর্জেণ্টো সায়ানাইডে সুন্দর ঝকঝকে প্রলেপ পাওয়া যায়।

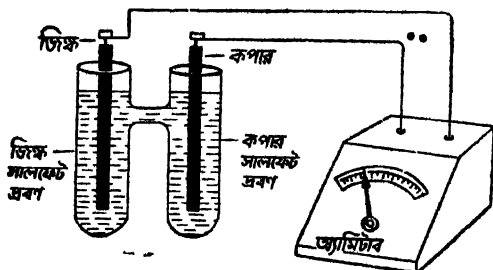
নিকেল ও ক্রোমিয়াম প্রলেপও অনুরূপভাবে দেওয়া হয়। নিকেল প্রলেপের জন্য নিকেল সাল্ফেটের দ্রবণ এবং ক্রোমিয়াম প্রলেপের জন্য ক্রোমিক্ অ্যাসিড দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।

(খ) ধাতু নিষ্কাশন ও বিশোধন :

অনেক ধাতু, যেমন—সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি তড়িদ্-বিশ্লেষণ দ্বারা নিষ্কাশন করা হয়। কপার প্রভৃতি ধাতু তড়িদ্-বিশ্লেষণের সাহায্যে বিশোধন করা হয়।

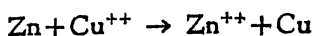
বৈদ্যুতিক সেল্ :

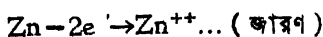
তড়িদ্-বিশ্লেষণে বিদ্যুতের সাহায্যে যেমন রাসায়নিক পরিবর্তন সাধন করা হয়, সেইরূপ রাসায়নিক ক্রিয়া হইতেও বিদ্যুৎ উৎপাদন করা যায়। রাসায়নিক ক্রিয়া হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদনের জন্য যে ব্যবস্থা করা হয়, তাহাকে বৈদ্যুতিক সেল্ বলে। কয়েকটি সেল্ পর পর যোগ করিয়া যে সেল্-সমষ্টি পাওয়া যায় তাহাকে বলা হয় ব্যাটারী। তোমরা অনেকেই টর্চের বা মোটরগাড়ীর ব্যাটারী দেখিয়াছ। এই সমস্ত ব্যাটারীর সেল্-গুলিতে রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন হয়। ইহাদের সম্বন্ধেই এখানে কিছু আলোচনা করিব।

আমরা জানি যে ইলেক্‌ট্রন্‌ অপরাবিদ্যুতান্বিত কণিকা। সুতরাং এক দিক হইতে অন্য দিকে ইলেক্‌ট্রন্‌ প্রবাহিত হইলে তাহাকে আমরা

১০৯ নং চিত্র—বৈদ্যুতিক সেল্‌

বিদ্যুৎপ্রবাহ বলি। এই ইলেক্‌ট্রন্‌ কখনো কখনো নিজেই প্রবাহিত হয় (যেমন, ধাতুর মধ্য দিয়া), আবার কখনো কখনো আয়নের সাহায্যে একস্থান হইতে অন্য স্থানে যাতায়াত করে।

পূর্বে তাড়িদ্‌-রাসায়নিক পর্যায় সম্বন্ধে যে আলোচনা করা হইয়াছে তাহাতে মৌলগুলিকে ইলেক্‌ট্রন্‌-আসক্তি অনুসারে সজ্জিত করা হইয়াছে। উপরের মৌলের ইলেক্‌ট্রন্‌-আসক্তি তাহার নীচের মৌল অপেক্ষা কম। সেইজন্য কপার সাল্‌ফেট দ্রবণে জিঙ্কের টুকরা দিলে জিঙ্ক্‌ আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হয়, এবং কপার আয়ন কপার ধাতুতে পরিণত হয়। এই রাসায়নিক ক্রিয়াটি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

$$Zn + Cu^{++} \rightarrow Zn^{++} + Cu$$

ইহাতে দুইটি বিভিন্ন ক্রিয়া আছে। একটিতে জিঙ্ক্‌ হইতে দুইটি ইলেক্‌ট্রন্‌ চলিয়া যাওয়ায় ধাতব জিঙ্ক্‌ আয়নে পরিণত হয়।

$$Zn - 2e \rightarrow Zn^{++} \ldots$$ (জারণ)

অপরটিতে কপার আয়ন দুইটি ইলেক্‌ট্রন্‌ লাভ করিয়া কপার ধাতুতে পরিণত হয়।

$$Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu \cdot\cdot$$ (বিজারণ)

এই দুইটি বিভিন্ন রাসায়নিক ক্রিয়া পৃথক্‌ভাবে নিষ্পন্ন করিলে এক দিক হইতে অন্য দিকে যে ইলেকট্রন্-স্রোত প্রবাহিত হইবে, তাহাই বিদ্যুৎপ্রবাহ।

পরীক্ষা ঃ অপর পৃষ্ঠার চিত্রানুরূপ একটি H-আকারের নলের একটিতে কিছু জিঙ্ক্-সাল্‌ফেটদ্রবণ এবং অন্যটিতে কিছু কপার-সাল্‌ফেটদ্রবণ লইয়া প্রথম নলে একটি দস্তা ও অন্যটিতে একটি তামার পাত ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। প্রথম প্রথম ইহাদের মধ্যে কিছু রাসায়নিক ক্রিয়া দেখা যাইবে না, কিন্তু একটি তার দিয়া তামা ও দস্তার পাত দুইটি সংযুক্ত করিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, প্রথম নলে জিঙ্ক্ দ্রবীভূত হইতেছে এবং দ্বিতীয় নলে কপার-পাতের উপর কপারের আস্তরণ পড়িতেছে। এখন জিঙ্ক্ ও তামার পাত দুইটি সরাসরি সংযুক্ত না করিয়া একটি অ্যামিটারের (বিদ্যুৎপ্রবাহ মাপিবার যন্ত্র) মধ্য দিয়া সংযুক্ত করিলে দেখিবে, ইহার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতেছে।

জিঙ্ক্ অপেক্ষা কপারের ইলেকট্রন্-আসক্তি বেশী, সেইজন্য জিঙ্ক্-পাত হইতে কপারপাতে ইলেকট্রন্ যাইতে থাকে এবং জিঙ্কের ইলেকট্রন্ চলিয়া যাওয়ার ফলে জিঙ্ক্ আয়নরূপে দ্রবীভূত হয়। অপরপক্ষে কপারপাতের অতিরিক্ত ইলেকট্রন্ কপার আয়ন প্রশমিত করিয়া বিদ্যুৎহীন করে। এইরূপে দ্রবণের মধ্য দিয়া কপার ও জিঙ্ক্ আয়নের সাহায্যে ইলেকট্রন্ কপার হইতে জিঙ্কে যায়, আবার ধাতুর মধ্য দিয়া জিঙ্ক্ হইতে কপারে আসে। সেইজন্য কপারপাতটি পরাবিদ্যুতায়িত (ক্যাথোড) ও জিঙ্ক্-পাতটি অপরাবিদ্যুতায়িত (অ্যানোড) হয়। কপার ও জিঙ্কের এই রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে যে সেল্ প্রস্তুত করা হয় তাহাকে **দানিয়েল সেল্ (Daniell cell)** বলা হয়।

শুধু যে কপার-জিঙ্কের রাসায়নিক ক্রিয়া হইতেই বৈদ্যুতিক শক্তি পাওয়া যায় তাহা নহে, যে-কোনো জারণ-বিজারণ ক্রিয়াকে সুবিধামত কাজে লাগাইয়া তাহা হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করা সম্ভব।

Exercises

1. What happens when an electric current is passed through an aqueous copper sulphate solution with (a) platinum electrodes: (b) copper electrodes? Is there any application of this experiment in any industry? [কপার সাল্‌ফেটের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়া যথাক্রমে (ক) প্লাটিনাম ও (খ) কপার তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে কি হয়? কোনো শিল্পে এই পরীক্ষার প্রয়োগ আছে কি?]

2. What do you understand by the following terms :—

(a) ion ; (b) cathode ; (c) anode ; (d) electrolyte ?

3. What is 'electrolysis'? State Faraday's laws of electrolysis. How can you determine the eqiuvalent weight of copper by electrolysis? [তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ কাহাকে বলে? ফ্যারাডের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ সূত্রগুলি বল। তড়িদ্‌-বিশ্লেষণের সাহায্যে কপারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কি প্রকারে নির্ণয় করা যায়?

4. A 5 ampere current is passed respectively through a copper and a silver voltameter for 32 min. 10 secs. Calculate the weights of copper and silver deposited at the electrodes, their electro-chemical equivalents being 0·000325 and 0·00118 respectively.

[Ans: Cu = 3·137 gm
Ag = 10·79 gms.]

[৫-অ্যাম্পিয়ারের তড়িদ্‌-প্রবাহ একটি কপার ও সিল্‌ভার ভল্টামিটারের মধ্য দিয়া ৩২ মি. ১০ সে. ধরিয়া পরিচালিত করা হইল। কপার ও সিল্‌ভারের তড়িদ্‌-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে ০·০০০৩২৫ ও ০·০০১১৮ হইলে, উক্ত সময়ে তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত কপার ও সিল্‌ভারের পরিমাণ নির্ণয় কর।

5. 40 c.c. of hydrogen gas at a pressure of 748 m.m. and a temperature of 15°c. are collected by passing electric current for 6 minutes through a dilute sulphuric acid solution. Find out the strength of the electric current. [লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে ৬ মিনিটকাল বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় ফলে ১৫° সে: গ্রে: উষ্ণতায় ও ৭৪৮ মি. মি. চাপে ৪০ সি. সি. হাইড্রোজেন গ্যাস সঞ্চিত হইল। বিদ্যুৎপ্রবাহের শক্তি কত ছিল নির্ণয় কর।]

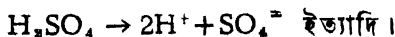
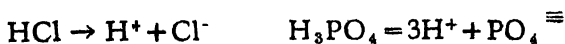
উনত্রিংশ অধ্যায়

অম্ল, ক্ষার ও লবণ

অম্ল : অম্লজাতীয় পদার্থ মাত্রই অম্লস্বাদযুক্ত, ইহারা নীল লিট্‌মাস লাল করে, এবং ইহাদের সকলেরই অণুতে এক বা একাধিক প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেন পারমাণু থাকে। কতকগুলি ধাতু এই সকল হাইড্রোজেনকে অ্যাসিড হইতে অপসারিত করিয়া তাহার স্থান অধিকার করিতে পারে।

অ্যাসিডের সর্বপ্রধান গুণ এই যে, তাহারা জলে দ্রবীভূত হইলে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) উৎপন্ন করে। এইরূপে,

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^- \qquad H_3PO_4 = 3H^+ + PO_4^{\equiv}$$

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{=}$$ ইত্যাদি।

অম্লজাতীয় পদার্থের যা-কিছু গুণ—যথা, নীল লিট্‌মাস লাল করা অথবা ধাতুর সহিত ক্রিয়া সমস্তই উল্লিখিত হাইড্রোজেন আয়নের জন্য।

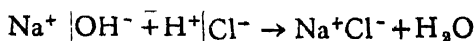
যৌগিক মূলক (Compound radical) : উপরে লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে, জলের মধ্যে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড কিংবা ফস্‌ফরিক অ্যাসিড যখন আয়নিত হয় তখন দুইভাগের এক ভাগে থাকে দুইটি বা তিনটি হাইড্রোজেন আয়ন এবং অপর ভাগে থাকে বাকী সমস্ত পরমাণু, সম্মিলিত ভাবে। এই পরমাণু-সম্মেলনগুলি অনেক সময় বেশ স্থায়ী হয় এবং নানা রাসায়নিক ক্রিয়ার মধ্যেও নিজেদের স্বাতন্ত্র্য বজায় রাখে। ইহাদিগকে যৌগিক মূলক (Compound radical) বলে। ইহারা যখন পরমাণুর মত আয়নিত হয় তখন ইহাদিগকে মূলক আয়ন বলা হয়, এবং ইহাদের যোজ্যতাও নির্দিষ্ট থাকে ; যেমন, সাল্‌ফেটের $(SO_4)^{=}$ যোজ্যতা দুই, ফস্‌ফেটের

O)$^{\equiv}$ তিন ইত্যাদি। সেইজন্য আয়নের বিদ্যুৎমাত্রাও যথাক্রমে দুই এব তিন।

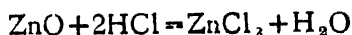
ক্ষার (Alkali)ঃ অ্যাসিডের সমস্ত গুণের মূলে যেমন আছে হাইড্রোজেন আয়ন, সেইরূপ ক্ষারের সমস্ত গুণের মূলে আছে অপরাবিদ্যুতায়িত হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-)। এই হাইড্রক্সিল আয়নের জন্যই তাহারা লাল লিট্‌মাস নীল করে ও হাতে স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল বলিয়া মনে হয়।

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$
$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{++} + 2(OH)^-$$

ক্ষার ও অম্লের পারস্পরিক বিক্রিয়ার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

$$Na^+ |OH^- + H^+| Cl^- \rightarrow Na^+Cl^- + H_2O$$

উপরের সমীকরণ হইতে বুঝা যায় যে ক্ষার ও অম্লের রাসায়নিক ক্রিয়া মূলত হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিল আয়নের মধ্যেই হয়। এই বিক্রিয়াকে প্রশমন (Neutralisation) বলে।

ক্ষারক (Base)ঃ অদ্রবণীয় ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডও অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে। সেইজন্য তাহাদের ক্ষারক বলা হয়।

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$
$$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$$ ইত্যাদি।

অম্ল ও ক্ষারের শক্তিঃ আমরা দেখিয়াছি যে, অ্যাসিডের যা কিছু বিশেষ গুণ সমস্তই হাইড্রোজেন আয়নের জন্য। সুতরাং, যে সমস্ত অ্যাসিড আয়নিত হইয়া অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন আয়ন দেয়, তাহারাই অ্যাসিড হিসাবে শক্তিশালী হয়, যেমন—হাইড্রোক্লোরিক কিংবা নাইট্রিক অ্যাসিড। জলে দ্রবীভূত করিলে যাহারা বিশেষ বিযোজিত হয় না তাহাদের দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের পরিমাণও খুব কম হয়। ইহাদের মৃদু অ্যাসিড (weak acid) বলা যাইতে পারে। অ্যাসেটিক (ভিনিগারে যে অ্যাসিড থাকে), সাইট্রিক (লেবুতে যে অ্যাসিড থাকে) প্রভৃতি অ্যাসিড অপেক্ষাকৃত মৃদু।

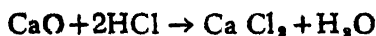
অ্যাসিডের শক্তি যেমন হাইড্রোজেন আয়নের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল, ক্ষারের শক্তিও সেইরূপ হাইড্রক্সিল আয়নের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। কস্টিক সোডা (NaOH), কস্টিক পটাশ (KOH) প্রভৃতি ক্ষার জলীয় দ্রবণে বিযোজিত হইয়া অধিক পরিমাণে হাইড্রক্সিল আয়ন দেয় বলিয়া ইহাদের তীব্র ক্ষার বলে। অপরপক্ষে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়নের পরিমাণ কিছু কম বলিয়া ইহাকে মৃদু ক্ষার বলে।

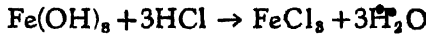
অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা ও ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা

[BASICITY OF AN ACID AND ACIDITY OF A BASE]

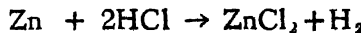
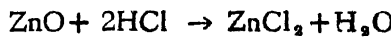
সকল অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেনের সংখ্যা সমান নহে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে একটি, সালফিউরিক অ্যাসিডে দুইটি ও ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে তিনটি প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন থাকে। প্রতি অ্যাসিড অণুতে (প্রতিস্থাপনযোগ্য) হাইড্রোজেনের সংখ্যা দ্বারা সেই অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা নির্দেশ করা হয়। সেইজন্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে এক-ক্ষারিক, সালফিউরিক অ্যাসিডকে দ্বি-ক্ষারিক, ফস্‌ফরিক অ্যাসিডকে ত্রি-ক্ষারিক ইত্যাদি বলা হয়। এখানে স্মরণ রাখা উচিত যে, অ্যাসিড অণুতে মোট হাইড্রোজেনের সংখ্যা দ্বারা তাহার ক্ষারগ্রাহিতা সব সময় বোঝা যায় না। যেমন, অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ($C_2H_4O_2$) অণুতে যদিও ৪টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, তথাপি মাত্র একটি হাইড্রোজেনই প্রতিস্থাপনযোগ্য। সুতরাং, ইহা এক-ক্ষারিক।

বিভিন্ন অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা যেমন বিভিন্ন, সেইরূপ বিভিন্ন ক্ষারের অম্লগ্রাহিতাও বিভিন্ন। প্রতি ক্ষার অণুকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে কোনো এক-ক্ষারিক অ্যাসিডের যতটি অণুর প্রয়োজন হয়, তাহাই উহার অম্লগ্রাহিতা। যেমন,

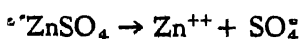
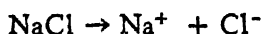
$$CaO + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$$

প্রতি ক্যাল্‌সিয়াম অক্সাইড অণুর জন্য দুইটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুর প্রয়োজন হয়। সুতরাং, ক্যাল্‌সিয়াম অক্সাইডকে দ্বি-আম্লিক ক্ষারক বলা যাইতে পারে। সেইরূপ,

$$Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$$

ফেরিক্ হাইড্রক্সাইড ত্রি-আম্লিক, ইত্যাদি। ক্ষার যদি অক্সাইড হয় তবে প্রতি অক্সিজেন পরমাণুর জন্য অম্লগ্রাহিতা দুই এবং হাইড্রক্সাইড হইলে প্রতি হাইড্রক্সিল মূলকের জন্য অম্লগ্রাহিতা এক হইবে। উদাহরণ-স্বরূপ—বেরিয়াম অক্সাইডের (BaO) প্রতি অণুতে একটি অক্সিজেন আছে, সুতরাং ইহার অম্লগ্রাহিতা দুই এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের প্রতি অণুর তিনটি হাইড্রক্সিলের জন্য তাহার অম্লগ্রাহিতা তিন হইবে।

লবণ (Salt) ঃ আমরা পূর্বে বলিয়াছি যে, কোনো ধাতু অম্লজাতীয় পদার্থের হাইড্রোজেন বিদূরিত করিয়া তাহার স্থলাভিষিক্ত হইলে, অর্থাৎ অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয়, তাহাই লবণ। আবার অ্যাসিড ও ক্ষারের পারস্পরিক প্রশমনের ফলে উৎপন্ন পদার্থও লবণ। বস্তুত সংজ্ঞা দুইটিতে লবণ প্রস্তুতির দুইটি বিভিন্ন পদ্ধতির বর্ণনা দ্বারা লবণ কি তাহা বুঝানোর চেষ্টা হইয়াছে। প্রাপ্ত বস্তু কিন্তু উভয় ক্ষেত্রেই এক।

$$ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$$
$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

লবণের মধ্যে দুইটি অংশ থাকে, একটি ধাতব, অন্যটি অধাতব। ধাতব অংশটি লবণ প্রস্তুতকালে ক্ষার হইতে উদ্ভূত হয় বলিয়া ইহাকে ক্ষারকীয় অংশ (Basic part) এবং অধাতব অংশটি অম্ল হইতে উদ্ভূত বলিয়া তাহাকে অম্লাংশ (Acid part) বলে। জলীয় দ্রবণে ক্ষারকীয় অংশটি পরাবিদ্যুতায়িত এবং অম্লাংশটি অপরাবিদ্যুতায়িত হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইডে (NaCl), সোডিয়াম (Na^+) ক্ষারকাংশ এবং ক্লোরাইড (Cl^-) অম্লাংশ। জিঙ্ক সাল্‌ফেটে ($ZnSO_4$) জিঙ্ক (Zn^{++}) ক্ষারকাংশ

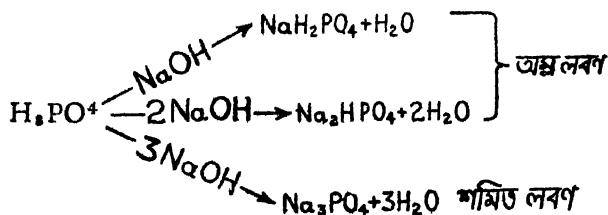
এবং সাল্‌ফেট ($SO_4^{=}$) অম্লাংশ। জলীয় দ্রবণে তাহারা নিম্নলিখিত রূপে আয়নিত হয়।

$$NaCl \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}$$
$$ZnSO_4 \rightarrow Zn^{++} + SO_4^{=}$$

লবণের শ্রেণীবিভাগ ঃ—

(১) **শমিত লবণ** (Normal salt) ঃ—কোনো অ্যাসিডের অণুতে প্রতিস্থাপনযোগ্য সমস্ত হাইড্রোজেন ধাতু অথবা ধাতব মূলক কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে শমিত লবণ বলে। যেমন,—সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম সাল্‌ফেট (Na_2SO_4) ইত্যাদি।

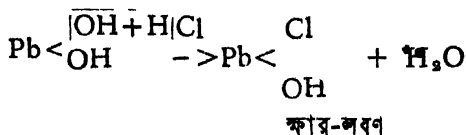
(২) **অম্ল-লবণ** (Acid salt) ঃ কোনো বহুক্ষারিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আংশিকভাবে ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হওয়ার ফলে যে লবণ উৎপন্ন হয, তাহাকে অম্ল-লবণ বলে। যেমন, সোডিয়াম বাই-সাল্‌ফেট ($NaHSO_4$), সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ($NaHCO_3$) প্রভৃতিতে দ্বি-ক্ষারিক সালফিউরিক ও কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) প্রতিস্থাপনযোগ্য দুইটি হাইড্রোজেনের একটি প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। সুতরাং লবণের মধ্যে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান থাকায় ইহার মধ্যে অম্লের গুণও রহিযা যায। ফস্‌ফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) হইতে দুইটি অম্ল-লবণ পাওয়া যায়।

$$H_3PO_4 \xrightarrow{NaOH} NaH_2PO_4 + H_2O$$
$$H_3PO_4 \xrightarrow{2NaOH} Na_2HPO_4 + 2H_2O$$
} অম্ললবণ

$$H_3PO_4 \xrightarrow{3NaOH} Na_3PO_4 + 3H_2O$$ শমিত লবণ

(৩) **ক্ষার লবণ** (Basic salt) ঃ আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, অম্ল ও ক্ষারের রাসায়নিক ক্রিয়া মূলত হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিল আয়নের পারস্পরিক ক্রিয়া। কোনো বহুআম্লিক ক্ষার বা ক্ষারকের সমস্ত হাইড্রক্সিল

মূলক অ্যাসিড কর্তৃক সম্পূর্ণ প্রশমিত না হইয়া আংশিক প্রশমিত হওয়ার ফলে যে লবণের উৎপত্তি হয়, তাহাকে ক্ষার-লবণ বলে।

$$Pb<^{\overline{|OH}+H|Cl}_{OH} \rightarrow Pb<^{Cl}_{OH} + H_2O$$

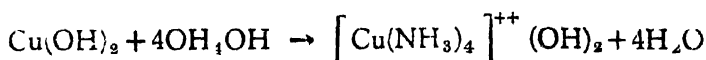
ক্ষার-লবণ

(৪) **জটিল লবণ** (Complex salt) ঃ

পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষা-নলে কিছু কপার সাল্‌ফেট দ্রবণ লইয়া তাহাতে ফোঁটা ফোঁটা লঘু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দিতে থাকিলে, প্রথমে একটি নীলাভ শ্বেত অধঃক্ষেপ আসে ; পরে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধি করিলে উহা দ্রবীভূত হইয়া ঘোর-নীল দ্রবণে পরিণত হয়।

এই পরীক্ষায় প্রথম যে নীলাভ শ্বেত অধঃক্ষেপ আসে তাহা কপার হাইড্রক্সাইডের ; তারপর যে ঘোর-নীল দ্রবণ পাওয়া যায় তাহা কপার ও অ্যামোনিয়ার একটি জটিল লবণ। নিম্নে সমীকরণের রাসায়নিক ক্রিয়াগুলি বুঝানো হইয়াছে।

$$CuSO_4+2NH_4OH \rightarrow Cu(OH)_2 \downarrow +(NH_4)_2SO_4$$

শ্বেত অধঃক্ষেপ

$$Cu(OH)_2+4OH_4OH \rightarrow \left[Cu(NH_3)_4\right]^{++}(OH)_2+4H_2O$$

গাঢ়-নীল দ্রবণ

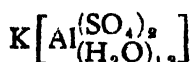
কপার আয়নের সহিত ৪টি অ্যামোনিয়া অণু, অসমযোজী বন্ধন (co-ordinate bond) দ্বারা যুক্ত হওয়ার ফলে এইপ্রকার জটিল আয়নের সৃষ্টি হইয়াছে। অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-যুগলের জন্যই এইরূপ বন্ধনী সম্ভবপর হয়। অ্যামোনিয়া ছাড়া জল, সায়ানোজেন (CN^-), সাল্‌ফেট ($SO_4^=$), ক্লোরাইড (Cl^-), আয়োডাইড (I^-), সাল্‌ফাইড (S^-) প্রভৃতি অণু বা আয়ন ও বিভিন্ন ধাতব আয়নের সহিত এইরূপ অসমযোজী বন্ধনীর সাহায্যে জটিল আয়নের সৃষ্টি করে। উদাহরণস্বরূপ,

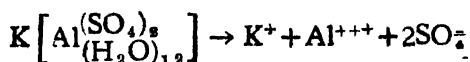
পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড $(K_4[Fe(CN)_6])$

পটাসিয়াম আর্জেণ্টো সায়ানাইড $(K[Ag(CN)_2])$

প্রভৃতির উল্লেখ করা যাইতে পারে। জটিল আয়নের যোজ্যতা বা বিদ্যুৎমাত্রা, ধাতব আয়নের বিদ্যুৎমাত্রা ও অসমযোজী আয়নের মোট বিদ্যুৎমাত্রার যোগফল। যেমন, ফেরোসায়ানাইডের আয়রনে বিদ্যুৎ-মাত্রা +2, এবং ৬টি (CN^-) মূলকে মোট বিদ্যুৎমাত্রা −6। সুতরাং, ফেরোসায়ানাইডে বিদ্যুৎমাত্রার যোগফল হইবে −4। সেইরূপ, সিল্‌ভার সায়ানাইডে, সিল্‌ভার = +1, সায়ানাইড = 2 × −1 = − অতএব, মোট যোগফল = −1। এইরূপে যে-কোনো জটিল আয়নের যোজ্যতা বা বিদ্যুৎমাত্রা নিরূপণ করা সম্ভব।

(৫) **দ্বি-ধাতুক লবণ** (Double salt): কতকগুলি জটিল লবণ আছে, যাহারা কঠিন অবস্থায় স্থায়ী, কিন্তু দ্রবীভূত হইলে ভাঙিয়া দুই বা ততোধিক লবণের দ্রবণে পরিণত হয়। ফিট্‌কিরি বা অ্যালামকে যদিও সাধারণভাবে K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ এইভাবে লেখা হয়, আসলে ইহাও অ্যালুমিনিয়াম আয়নের সহিত জল ও সাল্‌ফেটের একটি জটিল লবণ। ইহার প্রকৃত সংকেত হইল

$$K\left[Al^{(SO_4)_2}_{(H_2O)_{12}}\right]$$

কিন্তু, জলে দিলেই ইহার মধ্যস্থ আয়নগুলি বিযোজিত হইয়া স্বাধীন সত্ত্বা প্রাপ্ত হয়।

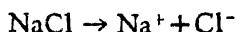
$$K\left[Al^{(SO_4)_2}_{(H_2O)_{12}}\right] \rightarrow K^+ + Al^{+++} + 2SO_4^{=}$$

ইত্যাদি। সেইজন্য মনে হয় যেন লবণটি অ্যালুমিনিয়াম সাল্‌ফেট ও পটাসিয়াম সাল্‌ফেটের মিশ্রণ মাত্র ছিল। এইরূপ লবণকে দ্বি-ধাতুক লবণ বলে।

আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis): ক্ষার ও অম্ল পরস্পরকে মিশ্রিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করে, সুতরাং মনে হইতে পারে যে, লবণের দ্রবণ

মাত্রই প্রশম (neutral) হইবে। কিন্তু, বাস্তবক্ষেত্রে সোডিয়াম ক্লোরাইড, কিংবা পটাসিয়াম নাইট্রেট জাতীয় কয়েকটি লবণ ছাড়া বাকি সমস্ত লবণের দ্রবণই হয় ঈষৎ ক্ষার না হয় ঈষৎ অম্লধর্মী।

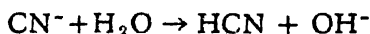
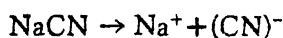
যে দ্রবণে হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিল আয়নের পরিমাণ সমান, তাহাকেই আমরা প্রশম দ্রবণ বলি। যাহাতে হাইড্রক্সিল আয়নের পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন অপেক্ষা অধিক তাহাকে ক্ষারীয়, এবং যাহাতে হাইড্রোজেন আয়নের পরিমাণ অধিক তাহাকে আম্লিক দ্রবণ বলে।

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি যে সমস্ত লবণ তীব্র ক্ষার (NaOH) এবং তীব্র অ্যাসিড (HCl) হইতে উৎপন্ন, তাহাদের জলে দিলে আয়নিত হয়।

$$NaCl \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}$$

কিন্তু, তাহাদের আয়নগুলির সহিত জলের কোনো রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না বলিয়া দ্রবণটি সম্পূর্ণ প্রশম থাকে।

(২) সোডিয়াম সায়ানাইড (NaCN) লবণটি তীব্র ক্ষার (NaOH) এবং মৃদু অ্যাসিড (HCN) হইতে উৎপন্ন। জলীয় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিড-জাত সায়ানোজেন আয়নের (CN^{-}) সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে জলের মধ্যে অতিরিক্ত হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন হয়।

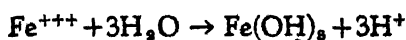
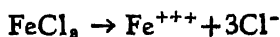
$$NaCN \rightarrow Na^{+} + (CN)^{-}$$

$$CN^{-} + H_2O \rightarrow HCN + OH^{-}$$

হাইড্রোজেন সায়ানাইড

ইহার ফলে দ্রবণটি ক্ষারধর্মী হয়। হাইড্রোজেন সায়ানাইড (HCN) খুবই মৃদু অ্যাসিড, সেইজন্য ইহা বিশেষ বিয়োজিত হয় না।

(৩) অনুরূপ ভাবে তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারজাত লবণ জলে দ্রবীভূত হইলে, ক্ষারকীয় অংশের সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অতিরিক্ত হাইড্রোজেন আয়নের উৎপত্তি হয় এবং দ্রবণটি আম্লিক হয়।

$$FeCl_3 \rightarrow Fe^{+++} + 3Cl^{-}$$

$$Fe^{+++} + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3H^{+}$$

এইরূপে আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে দ্রবণগুলি ক্ষারকীয় বা আম্লিক হইয়া যায়।

অ্যাসিডের প্রকারভেদ ও নামকরণ

সাধারণত দুই প্রকারের অ্যাসিড দেখা যায়,

(১) অক্সি-অ্যাসিড

(২) হাইড্রাসিড।

অক্সি-অ্যাসিড ঃ যে সমস্ত অ্যাসিডে অক্সিজেন থাকে তাহাদিগকে অক্সি-অ্যাসিড বলে। যেমন, সাল্‌ফিউরিক, নাইট্রিক ইত্যাদি। একই মৌলসঞ্জাত বিভিন্ন অক্সি-অ্যাসিডের মধ্যে যাহাদের অক্সিজেনের ভাগ অপেক্ষাকৃত অধিক তাহাদের নামের শেষে একটি -ইক্ (-ic) যোগ করা হয়, আর যাহাদের মধ্যে অক্সিজেনের ভাগ কম তাহাদের নামের শেষে -'আস' (-ous) যোগ করা হয়। যেমন,

নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2)
সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3)
ফস্‌ফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4), ফস্‌ফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) ইত্যাদি।

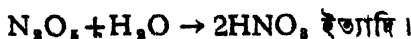
-আস্ অ্যাসিড অপেক্ষা অক্সিজেনের পরিমাণ কম হইলে তাহাদের হাইপো (Hypo) অ্যাসিড বলে। যেমন, হাইপো-নাইট্রাস অ্যাসিড ($H_2N_2O_2$), হাইপো-ফস্‌ফরাস অ্যাসিড (H_3PO_2) ইত্যাদি।

(২) **হাইড্রাসিড ঃ** যে সমস্ত অ্যাসিডে অক্সিজেন থাকে না, তাহাদিগকে হাইড্রাসিড বলে, যেমন—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড (H_2S), হাইড্রোজেন সায়ানাইড (HCN) ইত্যাদি।

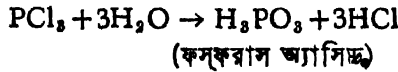
অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ

(১) আম্লিক অক্সাইডের সহিত জলের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, যেমন—

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

$$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$$ ইত্যাদি।

(২) অনেক অধাতব পদার্থের ক্লোরাইড প্রভৃতি আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলেও অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$PCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HCl$$

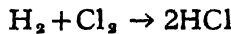
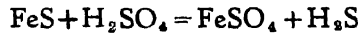
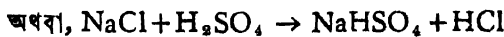
(ফস্ফরাস অ্যাসিড)

(৩) হাইড্রোজেন ও অন্য অধাতুর প্রত্যক্ষ সংযোগের দ্বারা অনেক ক্ষেত্রে অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

(৪) অ্যাসিড ও লবণের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলেও অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

(হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড)

অথবা, $NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl$

লবণের নামকরণঃ ধাতু ও অ্যাসিডের নাম যুক্ত করিয়া লবণের নাম দেওয়া হয়। অ্যাসিডটি -ইক্-গোত্রীয় অক্সি-অ্যাসিড হইলে নামের শেষে -**য়েট্** যুক্ত হয়। যেমন,

সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড হইতে সোডিয়াম সাল্‌ফেট কিংবা নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে পটাসিয়াম নাইট্রেট।

-'আস্' গোত্রীয় অক্সি-অ্যাসিডের শেষে -'**আইট**' যোগ করিতে হয়।

সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড—সোডিয়াম সাল্‌ফাইট

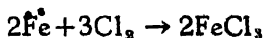
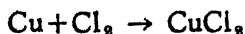
নাইট্রাস অ্যাসিড—পটাসিয়াম নাইট্রাইট, ইত্যাদি।

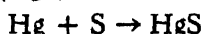
হাইড্রাসিড লবণের নামের শেষে -'**আইড**' যোগ হয়, যেমন,—সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl), আয়রন্ সাল্‌ফাইড (FeS)।

লবণ প্রস্তুতিঃ নিম্নলিখিত রাসায়নিক ক্রিয়াগুলির সাহায্যে লবণ প্রস্তুত করা যায়।

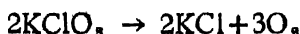
(১) **সংশ্লেষণ ক্রিয়া** (Synthesis)ঃ দুইটি পদার্থ সরাসরি পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইলে তাহাকে সংশ্লেষণ বলে। ক্লোরিনের সহিত অনেক ধাতুর এইরূপ প্রত্যক্ষ সংযোগের ফলে ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

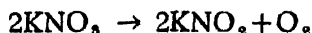
উত্তপ্ত কপার অথবা আয়রনের উপর ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে কপার ও আয়রন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

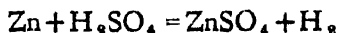
$$Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2$$
$$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

মার্কারি ও সাল্ফার পরস্পরের সহিত মিশ্রিত করিয়া পেষণ করিলে মার্কিউরিক সাল্ফাইড (HgS) উৎপন্ন হয়।

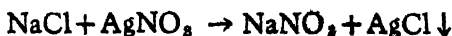
$$Hg + S \rightarrow HgS$$

(মার্কিউরিক সাল্ফাইড)

(২) **বিশ্লেষণ ক্রিয়া** (Decomposition)ঃ পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$)কে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইডে (KCl) পরিণত হয়।

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$$

এইরূপে পটাসিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া পটাসিয়াম নাইট্রাইট প্রস্তুত করা যায়।

$$2KNO_3 \rightarrow 2KNO_2 + O_2$$

(৩) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া** (Displacement reaction)ঃ ধাতুর উপর অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ পাওয়া যায়

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

(৪) **বিপরিবর্ত ক্রিয়া** (Double decomposition)ঃ দুইটি দ্রবীভূত লবণের মিশ্রণে তাহাদের ক্ষারকীয় ও আম্লিক অংশের পারস্পরিক বিনিময়ের ফলে একটি অদ্রাব্য লবণ উৎপত্তির সম্ভাবনা থাকিলে, সেইরূপ বিনিময় ঘটিয়া অদ্রাব্য লবণটি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow$$
$$BaCl_2 + K_2SO_4 \rightarrow 2KCl + BaSO_4\downarrow$$

ইত্যাদি।

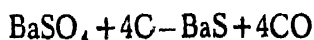
(৫) অ্যাসিড ও লবণের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা ঃ

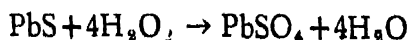
$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl$$

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

এইরূপে সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম বাই-সালফেট ও ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেট হইতে ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

(৬) জারণ-বিজারণ ক্রিয়া দ্বারা ঃ

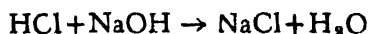
$$BaSO_4 + 4C - BaS + 4CO$$

বেরিয়াম সাল্‌ফেট বিজারিত হইয়া নূতন লবণ বেরিয়াম সাল্‌ফাইডে পরিণত হয়। আবার লেড্‌ সালফাইড (PbS) হাইড্রোজেন পারক্সাইড কর্তৃক জারিত হইয়া লেড্‌ সাল্‌ফেটে পরিণত হয়।

$$PbS + 4H_2O_2 \rightarrow PbSO_4 + 4H_2O$$

ত্রিংশ অধ্যায়

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি

(ACIDIMETRY AND ALKALIMETRY)

তুল্য পরিমাণে মিশ্রিত করিলে অম্ল ও ক্ষার পরস্পরকে প্রশমিত করিয়া জল ও লবণে পরিণত হয়। যেমন,

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

36·5   40
ভাগ   ভাগ

উপরের সমীকরণ হইতে বোঝা যায় যে, 36·5 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, 40 ভাগ কস্টিক সোডাকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করে। সুতরাং যদি কোনো হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে 36 5 গ্রাম্ অ্যাসিড থাকে এবং ঐ দ্রবণটি সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 1000 সি. সি. কস্টিক সোডার প্রয়োজন হয়, তবে আমরা সহজেই বুঝিতে পারি যে উক্ত 1000 সি. সি. দ্রবণে 40 গ্রাম্ কস্টিক সোডা আছে। অর্থাৎ, কস্টিক সোডা দ্রবণের প্রতি 100 সি.সি তে 4 গ্রাম্ কস্টিক সোডা আছে। এইরূপে অ্যাসিড দ্রবণের গাঢ়তা বা শক্তি জানা থাকিলে ক্ষার দ্রবণেরও শক্তি জানা যায়। ইহাকে **ক্ষারমিতি** বলা হয়, এবং ইহার বিপরীত পদ্ধতি, অর্থাৎ ক্ষার দ্রবণের শক্তি হইতে অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি-নির্ণয়কে **অম্লমিতি** বলে।

উদাহরণ ঃ একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের 25 সি. সি. সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 40 সি. সি. কস্টিক সোডা দ্রবণ লাগে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রতি 100 সি. সি.তে যদি 10 গ্রাম্ অ্যাসিড থাকে,

কস্টিক সোডা দ্রবণের 100 সি. সি.তে কত কস্টিক সোডা আছে নির্ণয় কর।

100 সি. সি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে 10 গ্রাম্ অ্যাসিড আছে

অতএব,, 25 ,, ,, ,, ,, 2·5 ,, ,, ,,

36·5 গ্রাম্ অ্যাসিড, 40 গ্রাম্ কস্টিক সোডা প্রশমিত করে,

সুতরাং 2·5 ,, ,, $\frac{40}{36 \cdot 5} \times 2 \cdot 5 = 2 \cdot 74$ গ্রাম্ সোডা প্রশমিত করিবে।

এই 2·74 গ্রাম্ কস্টিক সোডা আছে 40 সি. সি.তে

অতএব $\frac{2 \cdot 74}{40} \times 100$ গ্রাম্ ,, ,, 100 ,,

অথবা, 6·85 ,, ,, ,, ,, ,,

নির্দেশক (Indicators): এখানে প্রশ্ন হইতে পারে যে, অম্ল ও ক্ষার যে পরস্পরকে প্রশমিত করিয়াছে তাহা বুঝা যাইবে কিরূপে? প্রশমনক্রিয়ার সমাপ্তি বুঝিবার জন্য কতকগুলি উদ্ভিজ্জ রং ব্যবহার করা হয়। ইহাদের মধ্যে লিট্‌মাসের সহিত তোমরা সকলেই অল্পবিস্তর পরিচিত। লিট্‌মাস অ্যাসিড দ্রবণে লাল ও ক্ষার দ্রবণে নীল হয়। সুতরাং, কোনো দ্রবণে দুই ফোঁটা লিটমাস দিলে যদি দ্রবণটির রং লাল হয় তবে বুঝিতে হইবে দ্রবণটি অম্লগুণযুক্ত, এবং নীল হইলে বুঝিতে হইবে ইহা ক্ষারগুণ-যুক্ত। সুতরাং, একটি বীকারে অ্যাসিড দ্রবণ লইয়া তাহাতে দুই ফোঁটা লিট্‌মাস দিয়া যদি ধীরে ধীরে ক্ষার দ্রবণ দেওয়া যায়, তবে দেখা যাইবে যে, এই ক্ষার প্রদানকালে এমন এক সময় উপস্থিত হইবে যখন লাল রংএর আম্লিক দ্রবণটিতে এক ফোঁটা ক্ষার দিলেই তাহার বর্ণ পরিবর্তিত হইয়া নীল হইয়া যাইবে। ইহাই প্রশমনক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করিবে। লিট্‌মাস্ ও তাহার ন্যায় অন্যান্য যে সকল পদার্থ এইরূপে প্রশমনক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে তাহাদিগকে **নির্দেশক** বলা হয়। নিম্নে ক্ষার ও আম্লিক মাধ্যমে তাহাদের বর্ণসহ কয়েকটি নির্দেশকের নাম দেওয়া হইল।

নির্দেশক	অম্লদ্রবণে	ক্ষারদ্রবণে
লিট্‌মাস	লাল	নীল
মিথাইল অরেঞ্জ	গোলাপী	হলুদ
মিথাইল রেড	লাল	হলুদ
ফিনল্‌থ্যালিন	বর্ণহীন	গোলাপী বা লাল

এখানে বলিয়া রাখা ভাল যে, সব নির্দেশক সকল প্রকার অম্ল ও ক্ষারের প্রশমন সমাপ্তির সূচনার জন্য ব্যবহার করা যায় না। অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়েই সমান তীব্র হইলে অবশ্য যে কোনো নির্দেশক ব্যবহার করা যায়। কিন্তু, দুইয়ের মধ্যে একটি মৃদু ও অন্যটি তীব্র হইলে একটু বিবেচনার সহিত নির্দেশক ব্যবহার করা উচিত। নিম্নে বিভিন্ন প্রকার অ্যাসিড ও ক্ষারের জন্য উপযুক্ত নির্দেশকের নাম দেওয়া হইল।

প্রশমন সমাপ্তি	নির্দেশক
(১) তীব্র অ্যাসিড—তীব্র ক্ষার	যে কোনো নির্দেশক
(২) তীব্র অ্যাসিড—মৃদু ক্ষার	মিথাইল অরেঞ্জ বা মিথাইল রেড
(৩) মৃদু অ্যাসিড—তীব্র ক্ষার	ফিনল্‌থ্যালিন
(৪) মৃদু অ্যাসিড—মৃদু ক্ষার	কোনো নির্দেশক সুবিধা হয় না

দ্রবযোগ বিশ্লেষণ (Titration) : এইরূপে নির্দেশকের সাহায্যে ক্ষার বা অ্যাসিডের জানা দ্রবণের দ্বারা অজানা আর একটি অ্যাসিড বা ক্ষারের শক্তি বা গাঢ়তা নির্ণয় করা সম্ভব। এই প্রক্রিয়াকে **দ্রবযোগ বিশ্লেষণ** বলে। দ্রবযোগ বিশ্লেষণের জন্য ক্ষার বা অ্যাসিডের এমন একটি দ্রবণের প্রয়োজন হয় যাহার নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রাবের পরিমাণ জানা আছে। এইরূপ দ্রবণকে **প্রমাণ দ্রবণ** (Standard solution) বলে।

দ্রবযোগ বিশ্লেষণে প্রমাণ-দ্রবণের শক্তি সাধারণত তুল্যাঙ্ক মাত্রায় (Normality) প্রকাশ করা হয়। যে দ্রবণের 1 লিটারে 1 গ্রাম্ তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবীভূত থাকে তাহাকে **তুল্য দ্রবণ** বা **নর্মাল দ্রবণ** বলা হয়।

অম্ল ও ক্ষারের তুল্যাঙ্ক ঃ অম্লের ওজনের যত ভাগে 1 ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে তাহাই সেই অম্লের তুল্যাঙ্ক। অর্থাৎ, কোনো অম্লের আণবিক গুরুত্বকে তাহার প্রতি অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে অম্লের তুল্যাঙ্ক ওজন পাওয়া যাইবে।

$$\text{অম্লের তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অণুতে হাইড্রোজেনের সংখ্যা}} = \frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

উদাহরণ ঃ হাইড্রোক্লোরিক (HCl), সালফিউরিক (H_2SO_4) ও ফস্ফরিক অ্যাসিডের (H_3PO_4) তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব = 36·5

ও ইহার ক্ষারগ্রাহিতা = 1,

অতএব, তুল্যাঙ্ক = 36 5।

সেইরূপ, সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব = 98·0

ও ইহার ক্ষারগ্রাহিতা = 2,

অতএব, তুল্যাঙ্ক $\frac{98}{2} = 49$।

ফস্ফরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব = 98 0

ও ক্ষারগ্রাহিতা = 3 ; ইহার তুল্যাঙ্ক = $\frac{98\ 0}{3} = 32\ 67$.

ক্ষারের তুল্যাঙ্ক ঃ ক্ষার বা ক্ষারকের আণবিক গুরুত্বকে তাহার অম্লগ্রাহিতা দ্বারা ভাগ করিলেই তাহার তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়।

$$\text{ক্ষারের তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অম্লগ্রাহিতা}}\text{।}$$

লবণের তুল্যাঙ্ক ঃ লবণ মাত্রেরই দুইটি আয়নযোগ্য অংশ থাকে ; একটি পরাবিদ্যুতাম্বিত এবং অপরটি অপরাবিদ্যুতান্বিত। লবণের আণবিক গুরুত্বকে যে কোনো একটি অংশের বিদ্যুৎমাত্রা দ্বারা ভাগ করিলেই লবণের তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডে (Na^+Cl^-) সোডিয়াম অংশে মোট বিদ্যুৎমাত্রা 1, অতএব আণবিক গুরুত্বকে 1 দ্বারা

ভাগ করিতে হইবে। আবার, ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেটে [$Ca_3(PO_4)_2$] ক্যাল্‌সিয়াম অংশের মোট বিদ্যুৎমাত্রা 6, অতএব তুল্যাঙ্ক পাইতে হইলে আণবিক গুরুত্বকে 6 দ্বারা ভাগ করিতে হইবে।

নিম্নে কতকগুলি ক্ষারকের তুল্যাঙ্ক দেওয়া হইল।

ক্ষারকের নাম	আণবিক গুরুত্ব	অম্লগ্রাহিতা	তুল্যাঙ্ক
কস্টিক সোডা ($NaOH$)	40 0	1	40·0
কস্টিক পটাস (KOH)	56·0	1	56 0
ক্যাল্‌সিয়াম হাইড্রক্সাইড $Ca[(OH)_2]$	74 0	2	37 0
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3)	102 0	6	17·0

তুল্যাঙ্কমাত্রার সুবিধা: অম্লমিতি বা ক্ষারমিতিতে তুল্যাঙ্কমাত্রায় দ্রবণের শক্তি প্রকাশের বিশেষ সুবিধা এই যে, ক্ষার ও অম্ল সর্বদাই তাহাদের তুল্যাঙ্ক অনুসারে পরস্পরকে প্রশমিত করে। সেইজন্য উহাদের আয়তনের সহিত তুল্যাঙ্ক সরাসরি যুক্ত থাকিলে গণনার বিশেষ সুবিধা হয়।

তুল্যাঙ্ক বা নরম্যাল দ্রবণের কয়েকটি নীতি: একটি অ্যাসিড ও একটি ক্ষার দ্রবণের তুল্যাঙ্ক সমান হইলে, তাহারা সম্পূর্ণভাবে পরস্পরকে প্রশমিত করে। সুতরাং, দুইটি দ্রবণের তুল্যাঙ্ক-মাত্রা এক হইলে, তাহারা সমান আয়তনে পরস্পরকে প্রশমিত করিবে। কারণ, সে ক্ষেত্রে সমান আয়তনে গ্রাম্‌-তুল্যাঙ্কের পরিমাণও সমান থাকে।

$$\text{তুল্যাঙ্ক-মাত্রা} = \frac{\text{যত গ্রাম্‌-তুল্যাঙ্ক দ্রাব আছে}}{\text{যত লিটার দ্রবণ আছে}}$$

সুতরাং, গ্রাম্-তুল্যাঙ্কে দ্রাবের পরিমাণ = তুল্যাঙ্ক-মাত্রা × লিটারে দ্রবণের আয়তন পরিমাণ

দুইটি দ্রবণ পরস্পরকে প্রশমিত করিলে তাহাদের মধ্যে দ্রাবের তুল্যাঙ্ক-পরিমাণ সমান, অতএব,

(দ্রাবের গ্রাম্-তুল্যাঙ্ক)$_1$ = (দ্রাবের গ্রাম্-তুল্যাঙ্ক)$_2$

সুতরাং (তুল্যাঙ্ক-মাত্রা)$_1$ × (লিটার সংখ্যা)$_1$

= (তুল্যাঙ্ক মাত্রা)$_2$ × (লিটার সংখ্যা)$_2$

উপরের সমীকরণ হইতে বুঝা যায় যে, সমীকরণের উভয় পার্শ্বে আয়তন পরিমাপের জন্য একই একক ব্যবহৃত হইলে দ্রবণের আয়তন লিটারে প্রকাশ না করিয়া সি.সি.তেও প্রকাশ করা যায়। অর্থাৎ, মোট ফল দাঁড়াইল, দুইটি দ্রবণ পরস্পরের তুল্য হইলে,

প্রথম দ্রবণের শক্তি × আয়তন = দ্বিতীয় দ্রবণের শক্তি × আয়তন

প্রথম দ্রবণের শক্তি যদি N_1 এবং আয়তন V_1 হয় ও দ্বিতীয় দ্রবণের শক্তি ও আয়তন যথাক্রমে N_2 ও V_2 হয়, তবে,

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

বলা বাহুল্য, দ্রবণের শক্তি সর্বদাই তুল্যাঙ্ক-মাত্রায় প্রকাশিত হয়। পূর্বে বলা হইয়াছে যে, এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম্-তুল্যাঙ্ক পদার্থ থাকিলে, তাহাকে তুল্যাঙ্ক দ্রবণ বলা হয়। সেইরূপ এক গ্রাম্-তুল্যাঙ্কের পরিবর্তে লিটারপ্রতি 2, 3 বা 10 গ্রাম্-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটি 2, 3 বা 10 তুল্যাঙ্ক দ্রবণ বলা যাইবে। অপরপক্ষে এক লিটারে 1/2 বা 1/10 গ্রাম্-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটি 1/2 বা ০·৫ তুল্যাঙ্ক (1/2 বা 0 5 N) অথবা 1/10 বা 0·1 তুল্যাঙ্ক।

উদাহরণঃ (১) কোনো কস্টিক সোডা দ্রবণের প্রতি লিটারে 4 গ্রাম্ কস্টিক সোডা আছে। দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা কত?

কস্টিক সোডার তুল্যাঙ্ক = 40

অতএব, 4 গ্রাম্ কস্টিক সোডা = $\frac{4}{40} = \frac{1}{10}$ গ্রাম্-তুল্যাঙ্ক।

সুতরাং, দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক-মাত্র = 1/10 বা 0·1N।

(২) একটি 0·2N সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রতি লিটারে কত গ্রাম্ সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড আছে নির্ণয় কর।

0·2N সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণে আছে 0·2 × 49 গ্রাম্ অ্যাসিড,
অথবা 9·8 গ্রাম্ অ্যাসিড।

আয়তনের সহিত তুল্যাঙ্ক-মাত্রার আরেকটি সম্পর্ক আছে। সেটি এই,

1N দ্রবণের 20 সি. সি. = 0·5N দ্রবণের 40 সি. সি.
= 10N দ্রবণের 2·0 সি. সি. ইত্যাদি।

অর্থাৎ, দ্রবণের শক্তি যতগুণ বৃদ্ধি করা হইবে আয়তনকে তত ভাগ করিতে হইবে।

উদাহরণ : একটি ফস্‌ফরিক অ্যাসিড দ্রবণের 40 সি. সি. সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 120 সি. সি. 0·531N কস্টিক সোডার প্রয়োজন হয়। ফস্‌ফরিক অ্যাসিড দ্রবণটির শক্তি নির্ণয় কর।

ফস্‌ফরিক অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন × তুল্যাঙ্ক-মাত্রা
= কস্টিক সোডা দ্রবণের আয়তন × তুল্যাঙ্ক-মাত্রা
40 × অ্যাসিড শক্তি = 120 × 0·531N

অতএব, অ্যাসিড শক্তি $= \frac{120 \times 0{\cdot}531N}{40} = 1{\cdot}59N.$

প্রমাণ-দ্রবণ (Standard Solution) প্রস্তুতি : যে সমস্ত কঠিন পদার্থ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, তাহাদের নির্দিষ্ট ওজন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলে দ্রবীভূত করিয়া প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

পরীক্ষা : সোডিয়াম কার্বনেটের একটি 500 সি. সি. 1/10N দ্রবণ প্রস্তুত কর।

সোডিয়াম কার্বনেটের আণবিক গুরুত্ব 106, সুতরাং তুল্যাঙ্ক 53·0। অতএব 1/10N দ্রবণের এক লিটারে 5·3 গ্রাম্ সোডিয়াম কার্বনেটের প্রয়োজন হইবে।

সুতরাং 500 সি. সি.তে 2·65 গ্রাম্ সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করিতে হইবে।

একটি 500 সি. সি. কূপীতে (এইপ্রকার কূপীর গলার কাছে একটি দাগ থাকে; সেই দাগ পর্যন্ত জল দিলেই দ্রবণের মোট আয়তন কূপীর গাত্রে লিখিত আয়তনের সমান হয়।) 2·65 গ্রাম্ সোডিয়াম কার্বনেট ওজন করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর বিশুদ্ধ পাতিত জল দ্বারা দাগ পর্যন্ত সাবধানে ভর্তি করিয়া উপর-নীচ করিয়া ঝাঁকাইয়া সোডিয়াম কার্বনেট উত্তমরূপে দ্রবীভূত করা হয়। এখন এই দ্রবণটির শক্তি দাঁড়াইল 0·1 N।

অনেক সময় ঠিক একটি নির্দিষ্ট ওজন লওয়া সম্ভব হয় না, কিছু কম বা বেশী হইয়া যায়। যেমন, উপরের পরীক্ষায় হয়ত 2·65 গ্রামের বদলে 2 85 গ্রাম্ সোডিয়াম কার্বনেট লওয়া হইল। সে ক্ষেত্রে দ্রবণটি ঠিক 1,10 N না হইয়া $\frac{2.85}{2.65} \times \frac{N}{10}$ বা 1 07 N/10 হইবে। এই $\frac{2.85}{2.65}$টিকে গুণক (Factor) বলা হয়। যে ওজন লওয়া হইল, তাহাকে ঐ আয়তনে নির্দিষ্ট শক্তির দ্রবণ প্রস্তুতের জন্য যে ওজন লওয়া উচিত, তদ্দ্বারা ভাগ করিলে 'গুণক' পাওয়া যায়।

অনেক ক্ষেত্রে প্রত্যক্ষ ওজন দ্বারা প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুত করা সম্ভব হয় না। যেমন, সাল্‌ফিউরিক কিংবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে। এই সমস্ত অ্যাসিডের প্রমাণ-দ্রবণ পরোক্ষভাবে প্রস্তুত করা হয়।

পরীক্ষা ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের N/10এর কাছাকাছি একটি 500 সি. সি. প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুত কর।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক 36·5 অর্থাৎ 500 সি. সি. N/10 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে 1·82 গ্রাম্ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড 500 সি.সি.তে দ্রবীভূত করিতে হইবে। সাধারণ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ওজন হিসাবে শতকরা প্রায় 40 ভাগ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকে এবং ইহার ঘনত্ব প্রায় 1·2 (অর্থাৎ 1 সি.সি.র ওজন 1 2 গ্রাম্)। সুতরাং,

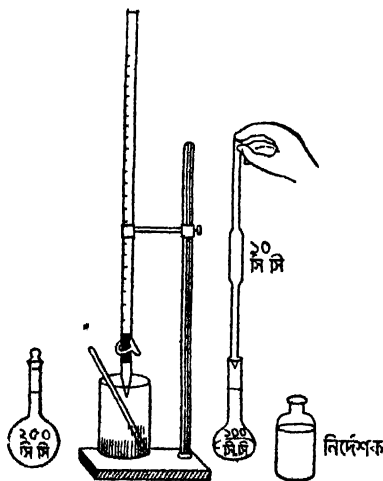
1·82 গ্রাম্ HCl এ $\frac{1.82}{40} \times 100$ গ্রাম্ অ্যাসিডে থাকিবে।

কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ওজন করা সুবিধা নহে,

সেইজন্য $\frac{1.82 \times 100}{40}$ গ্রাম্ অ্যাসিডকে ইহার ঘনত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া ইহার আয়তন $= \frac{1.82 \times 100}{40} \div 1.2 = 3.8$ সি. সি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মাপিয়া ১টি 500 সি. সি. কুপীতে লওয়া হয়, এবং দাগচিহ্ন পর্যন্ত জল দিয়া ভর্তি করা হয়। দ্রবণটি নাড়াচড়া করিয়া উত্তমরূপে মিশাইয়া দিলে 500 সি. সি. N/10এর কাছাকাছি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রস্তুত হইল।

উপরের পরীক্ষায় যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রস্তুত হইল তাহা মোটামুটি N/10 হইলেও তাহার সঠিক শক্তি নির্ণয় করা উচিত। একটি প্রমাণ ক্ষারদ্রবণের সাহায্যে ইহার শক্তি নির্ণয় করা হয়। প্রমাণ ক্ষারদ্রবণের মধ্যে সোডিয়াম কার্বনেটই প্রত্যক্ষভাবে ওজন করিয়া সহজে প্রস্তুত করা যায় বলিয়া আমরা N/10 সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণই প্রমাণ ক্ষার-দ্রবণ হিসাবে ব্যবহার করিব।

দ্রবযোগবিশ্লেষণ

পরীক্ষা ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণটি একটি ব্যুরেটে (Burette) লইয়া, ব্যুরেটের শূন্য দাগ পর্যন্ত ভর্তি করা হয়। একটি ২৫ সি. সি. পিপেটের (Pipette) সাহায্যে, 25 সি. সি. N/10 সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ লইয়া, একটি বীকারে রাখিয়া তাহাতে দুই ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ ও প্রায় 100 সি. সি. পাতিত জল দেওয়া হয়। ক্ষারীয় মাধ্যমে মিথাইল অরেঞ্জ দেওয়া আছে বলিয়া দ্রবণটির রং

হলুদবর্ণ হইবে। এখন ব্যুরেট হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া অ্যাসিড দিয়া একটি কাচদণ্ডের সাহায্যে দ্রবণটি নাড়ানো হয়। এইভাবে অ্যাসিড দিতে দিতে শেষে ১ বিন্দু অ্যাসিড দেওয়াতেই দ্রবণের রং হলুদ হইতে ঈষৎ গোলাপী হইয়া যাইবে। তখন প্রশমন সমাপ্ত হইয়াছে বুঝিতে হইবে। এখন ব্যুরেটের লিখন হইতে কত সি.সি অ্যাসিড লাগিল তাহা দেখিয়া লইতে হইবে

গণনা: মনে কর কোনো পরীক্ষায় 25 সি. সি. $1·07\frac{N}{0}$ সোডিয়াম কার্বনেটের জন্য 28 সি.সি. অ্যাসিড লাগিল। অ্যাসিডের শক্তি নির্ণয় কর।

$$\text{অ্যাসিডের শক্তি} \times 28 = 1·07 \times \frac{N}{10} \times 25$$

$$\text{অতএব, অ্যাসিডের শক্তি} = \frac{1·07 \times 25}{10 \times 28} N$$

$$= 0·955\ N/10$$

Exercises

1. Define :—

   (a) Equivalent weight of an acid.

   (b) Equivalent weight of a base.

   (c) Standard solution.

   (d) Normal solution.

   (e) Basicity of an acid.

   (f) Indicator.

2. State the equivalent weights of the following :—

Sodium hydroxide ($NaOH$) ; Sodium carbonate (Na_2CO_3) Sulphuric acid (H_2SO_4) ; Sodium hydrogen sulphate ($NaHSO_4$)

3. Find out the weights of the solute in the following standard solutions :—

(a) 100 c. c. of N. H_2SO_4 ; (b) 250 c.c. of N. NaOH ;

(c) 200 c. c. of $\frac{N}{2}$ H_2SO_4 ; (d) 40 c. c. of N. HCl.

4. In how many c.c.'s of the normal solutions will the following weights of solute be obtained ?

(a) 0·32 gm Na_2CO_3 ; (b) 1·6 gm H_2SO_4 (c) 72 gms of KOH ; (d) 2·45 gms of NaOH.

5. How many c.c. of a N/5 Na_2CO_3 solution will completely neutralise 15·7 c.c. of N.H_2SO_4 ?

6. 25 c. c. of a 0·1N.NaOH solution are completely neutralised by 24 c. c. of an unknown hydrochloric acid solution. Find out the strength of the unknown acid solution.

7. Calculate the volume of CO_2 at S. T. P, produced by the action of 100 c.c of N.HCl on marble ($CaCO_3$).

8. 25 c.c. of an alkali solution are completely neutralised respectively by 8 c.c. of a 0·75N and 15 c.c of a 0·8N acid solutions. Find the strength of the alkali solution.

[Ans : 0·72N]

রসায়নের পরিভাষা

অগ্নি-সহ বা অগ্নিরোধী—Fire-proof
অজৈব—Inorganic
অঙ্গার—Carbon
অতিবেগুনী আলো—Ultraviolet light
অতিপৃক্ত দ্রবণ—Supersaturated solution
অধাতু—Non-metals
অধঃক্ষেপ—Precipitate
অধঃক্ষেপণ—Precipitation
অন্তর্ধূমপাতন—Destructive distillation
অন্তর্ধৃতি—Occlusion
অন্তর্বর্তী মৌল—Transition elements
অনার্দ্র—Anhydrous
অনুপ্রেষ পাতন—Vacuum distillation
অনিয়তাকার—Amorphous
অপরিবাহী—Non-conductor
অপরিপৃক্ত—Unsaturated
অণু—Molecule
অণুবীক্ষণ যন্ত্র—Microscope
অবস্থা—State
অবস্থাগত পরিবর্তন—Physical change
অবিনাশিতা—Indestructibility
অবশেষ—Residue
অভ্র—Mica
অম্ল—Acid
অম্লগ্রাহীতা—Acidity
অম্ল-লবণ—Acid salt
অম্ল-মিতি—Acidimetry
অসম্পৃক্ত দ্রবণ—Unsaturated solution
অস্থিভস্ম—Bone ash
অসমযোজ্যতা—Co-ordinate valency
অষ্টক সূত্র—Law of octaves
অষ্টতল—Octahedral
অংশাঙ্কিত নল—Graduated tube
আইসোটোপ—Isotope
আর্দ্র-বিশ্লেষণ—Hydrolysis
আণবিক গুরুত্ব—Molecular weight
আণবিক সংকেত—Molecular formula
আপেক্ষিক গুরুত্ব—Specific gravity
আপেক্ষিক তাপ—Specific heat
আবেশ কুণ্ডলী—Induction coil
অ্যানোড—Anode
আলেয়া—Will o' the wisp
আলকাতরা—Coal tar
আম্লিক—Acidic
আয়ন—Ion
আয়নিত করা—Ionise
আয়নীয় যোজ্যতা—Ionic valency
আয়তন—Volume
আয়তন-সংযুতি—Volumetric composition
আস্রাবণ—Decantation
আংশিক পাতন—Fractional distillation
ইলেকট্রন—Electron

ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা—Electro-valency
উদগ্রহ—Deliquescence
উদ্‌বায়ী তৈল—Essential oil
উদত্যাগ—Efflorescence
উপাদান—Constituent; Ingredient
উপজাত—By-product
উল্‌ফ বোতল—Woulf Bottle
উষ্ণতা—Temperature
ঊর্ধ্বপাতজ—Sublimate
ঊর্ধ্বপাতন—Sublimation
এক্‌স্ রশ্মি বা রঞ্জন রশ্মি—X' rays
একস্থানিকতা—Isotopism
ওজন—Weight
ওজন সংযুতি—Gravimetric composition
কূপী—Flask
কিপ্ যন্ত্র—Kipp's apparatus
কুরুবিন্দ—Corrundum
কেলাস—Crystal
কেলাসন—Crystallisation
কেলাসন জল—Water of crystallisation
কোহল—Alcohol
কেন্দ্র—Nucleus
কেন্দ্র-বিদারণ—Nuclear fission
কক্ষপথ—Orbit
কনডেন্‌সার—Condenser
কঠিন—Solid ; Hard (water)
কঠিনীভবন—Solidification
কর্কট—Cancer
কষায়—Astringent
কলিচুন—Slaked lime
কাঠিন্য—Hardness
কল্ক—Sediment

ক্যাথোড—Cathode
ক্ল্যাম্প—Clamp
ক্লোরোহর—Antichlor
ক্লোরোদক—Chlorine water
ক্ষরণ—Discharge
ক্ষরণ-নল—Discharge tube
ক্ষার—Alkali
ক্ষারীয়—Alkaline
ক্ষার-গ্রাহীতা—Basicity
ক্ষার-ধাতু—Alkali metals
ক্ষার লবন—Basic salt
ক্ষারমিতি—Alkalimetry
খল—Mortar
খর জল—Hard water
খরতা—Hardnness (of water)
খরতা দূরীকরণ—Removal of hardness
খর্পর বা বেসিন—Basin
খনিজ দ্রব্য—Mineral
খনিজ জল—Mineral water
খড়ি—Chalk
গন্ধক—Sulphur
গলন—Melting
গলনাঙ্ক—Melting point
গাদ—Sediment
গুণানুপাত সূত্র—Law of multiple proportions
গাঢ়তা—Concentration
গাঢ়ীকরণ—Concentration
গ্যাস—Gas
গ্যাসমান নল—Eudiometer tube
গাহ—Bath
গ্যাসমিতি—Eudiometry
গ্যাস-জার—Gas jar
গ্যাস-দ্রোণী—Pneumatic trough

গ্যাস সমীকরণ—Gas equation
গ্যাসব্যাপ্তি—Gaseous diffusion
গ্যাসীয় চাপ—Gas pressure
গোলক—Globe
ঘনত্ব—Density
ঘনীভবন—Condensation
ঘন সেন্টিমিটার—Cubic centimeter (c. c.)
ঘাতসহ—Malleable
চালুনী—Sieve
চাপ—Pressure
চাপমান যন্ত্র—Barometer
চিনি—Sugar
চিহ্ন—Symbol
চুম্বক—Magnet
চুম্বক ধর্ম—Magnetic property
চুল্লী—Oven
চুন—Lime
চুনা-পাথর—Lime-stone
চুনজল—Lime water
চোঙা—Cylinder
চৌম্বক—Magnetic substance
ছিপি—Cork
জল-কল—Water tap
জলীয় বাষ্প—Water vapour
জল-গাহ—Water bath
জল-রোধক—Water tight
জলশোষক বা জলাকর্ষী—Hygroscopic
জলীয় চাপ—Aqueous tension
জারণ—Oxidation
জারণাবস্থা—Oxidation state
জটিল লবণ—Complex salt
জায়মান—Nascent
জ্বালানী—Fuel
ঝিল্লী-বিশ্লেষণ—Dialysis
টিন বা রাং—Tin
তট বা তল—Face
তরল—Liquid
তত্ত্ব—Theory
তরলীকরণ—Liquifaction
তার-জালি—Wire gauze
তুলাদণ্ড—Balance
তুল্যাঙ্ক ভার—Equivalent weight
তুল্যাঙ্ক মাত্রা—Normality
তড়িৎ—Electricity
তড়িদ্-বিশ্লেষণ—Electrolysis
তাড়িদ্-রাসায়নিক পর্যায়—Electro-chemical series
তড়িৎ-দ্বার বা বিদ্যুৎ-দ্বার—Electrode
তড়িদ্-পরিবাহী—Conductor
তড়িদ্-বিশ্লেষ্য পদার্থ—Electrolyte
তড়িদ্-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক—Electro-chemical Equivalent
তড়িদ্-লেপন—Electro-plating
তুঁতে—Blue vitriol
তাম্র—Copper
তার্পিন—Turpentine
তাপ—Heat
তাপমান যন্ত্র—Thermometer
ত্রিগুণ বন্ধনী—Triple bond
তেজস্ক্রিয়তা—Radioactivity
থিসিল নল—Thistle tube
দস্তা—Zinc
দস্তালেপন—Galvanising
দহন—Combustion
দাহ্য—Combustible
দ্রবণ—Solution

দ্রাব—Solute
দ্রাবক—Solvent
দ্রাব্যতা—Solubility
দ্রাব্যতা লেখ—Solubility curve
দ্বি-পরমাণুক—Diatomic
দ্বি-ধাতুক লবণ—Double salt
দ্রবযোগ বিশ্লেষণ—Titration
ধাতু—Metal
ধাতুকল্প পদার্থ—Metalloids
ধাতু-সংকর—Alloy
ধাতুবিদ্যা—Metallurgy
ধর্ম— Poperty
নল—Tube
নিউট্রন—Neutron
নৌকা—Boat
নিত্যসংখ্যা—Constant
নিরুদক—Anhydrous
নির্দেশক—Indicator
নিশাদল—Sal Ammoniac, Ammonium chloride
নিষ্ক্রিয় গ্যাস—Inert gases
নিষ্কাশন—Extraction
পদার্থ—Matter
পদার্থবিদ্যা—Physics
পাতন—Distillation
পাতিত—Distilled
পাতন-কুপী—Distilling flask
পরীক্ষা—Experiment
পরীক্ষা-নল—Test tube
পরীক্ষাগার—Laboratory
পর্সেলীন—Porcelain
পর্যায় সারণী—Periodic table
পরিস্রাবণ—Filtration
পরিস্রুৎ—Filtrate
পৃথকীকরণ ফানেল—Separating funnel
পরমাণু—Atom
পরমাণুবাদ—Atomic theory
পরমাণু ক্রমাঙ্ক—Atomic number
পারমাণবিক গুরুত্ব—Atomic weight
পারমাণবিক তাপ—Atomic heat
পুনর্বিন্যাস ক্রিয়া—Rearrangement or Isomerism
প্রতিস্থাপন—Replacement
পারমুটিট পদ্ধতি—Permutit process
প্রকল্প—Hypothesis
প্রজ্বালনী চামচ—Deflagrating spoon
প্রভাবক—Catalyst
— অনুকূল—Positive catalyst
— প্রতিকূল—Negative catalyst
প্রোটন—Proton
প্রমাণ চাপ—Standard pressure
— উষ্ণতা—Standard temperature
প্রশম—Neutral
প্রশমিত করা—Neutralisation
ফানেল—Funnel
ফিট্‌কিরি—Alum
ফিল্‌টার কাগজ—Filter paper
ফিল্‌টার ষ্ট্যাণ্ড—Filter stand
বকযন্ত্র—Retort
বুদ্‌বুদ—Bubble
বুদ্‌বুদন—Effervescence
বিকারক—Reagent
বন্ধনী—Clamp
বুন্‌সেন্‌ দীপ—Bunsen burner
বিদ্যুৎ—Electricity

বিদ্যুৎ-নিরপেক্ষ—Electrically neutral
বিদ্যুৎ-দ্বার—Electrode
বিদ্যুৎস্ফুরণ—Electric discharge or Electric spark
বিদ্যুৎ-মাত্রা—Electric charge
বহুরূপতা—Allotropy
বিজারণ—Reduction
বিস্ফোরণ—Explosion
বায়ুরোধী—Air-tight
বিরল মৃত্তিকা—Rare earth
বৈদূর্যমণি—Cat's eye
বেসিন বা খর্পর—Basin
বস্তু – Substance
বিযোজন—Decomposition
বিরঞ্জন—Bleaching
বিপরিবর্ত ক্রিয়া—Double decomposition
বেলজার—Belljar
বাষ্প—Vapour
বাষ্পীভবন—Vaporisation
বিশ্লেষণ—Analysis
— অমাত্রিক—Qualitative Analysis
— মাত্রিক—Quantitative Analysis
বৈশ্লেষিক—Analytical
বেষ্টনী নল—Jacket
বাষ্পীয় ঘনত্ব—Vapour density
ভৌতধর্ম—Physical properties
ভার—Weight
ভাসমান পদার্থ—Suspension
ভাস্বর—Incandescent
মিথোনুপাত সূত্র—Law of Reciprocal Proportions
মুচি বা মূষা—Crucible
মিশ্রণ—Mixture
মূলক—Radical
মর্মর বা মার্বেল—Marble
মোম—Wax
মৃদু জল—Soft water
মৃৎক্ষার ধাতু—Alkaline earth metals
মৌল বা মৌলিক পদার্থ—Elements
যোজন-ভার বা তুল্যাঙ্ক ভার—Equivalent weight
যোজ্যতা—Valency
যোজনভার সূত্র—Law of equivalent Proportions
যৌগ বা যৌগিক পদার্থ—Compounds
যৌগিক মূলক—Compound radical
রজন—Resin
রূপা বা রৌপ্য—Silver
রূপান্তর—Allotrope
রং—Colour
রঞ্জক—Dye
রসায়ন—Chemistry
— অজৈব—Inorganic chemistry
— জৈব—Organic chemistry
— ভৌত—Physical chemistry
লবণ—Salt
লৌহ—Iron
হাইড্রোলিথ—Hydrolith
হিঙ্গুল—Cinnabar
হীরক—Diamond
হরিতাল—Orpiment
হার—Ratio
হিমাঙ্ক—Freezing point
শক্তি—Strength

শিখা—Flame
শীতক—Condenser
শীতক মিশ্রণ—Freezing mixture
শোষক—Absorbent
শোষক কাগজ—Blotting paper
শোষকাধার—Desiccator
শঙ্কু কূপী—Conical flask
শমিত লবণ—Normal salt
শর্করা—Sugar
শ্রেণী—Group
সূত্র—Law
সোরা—Nitre
সার—Fertiliser
সুরা-সার—Yeast
সমাকৃতি—Isomorphous
সমযোজ্যতা—Covalency
সমযোজক বন্ধ[illegible] [illegible]lent bond
সম্পৃক্তি—Saturation
সম্পৃক্ত দ্রবণ—Saturated solution
সংযোজন—Synthesis
সংকেত—Formula
সোদক—Hydrated
সোদক লবণ—Hydrated salts
স্তর—Layer
সমীকরণ—Equation
সমসত্ত্ব—Homogeneous
সম্মোহনকারী বা সংজ্ঞাহারী ঔষধ—Anaesthetic
সংজ্ঞা—Definition
সংযোগ—Union
স্থায়ী খরতা—Permanent hardness
স্থিরানুপাত সূত্র—Law of constant proportions
স্থূল সংকেত—Empirical formula
সামঞ্জস্যবিধান—Balance
সাংশ্লেষিক—Synthetic
স্পর্শপদ্ধতি—Contact process
সান্দ্র—Viscous
সান্দ্রতা—Viscosity
স্ফটিক—Crystal
স্ফটিক কোষ—Crystal cell
স্ফটিক গঠন—Crystal structure
স্ফটিকীকরণ—Crystallisation
স্ফুটন—Boiling
স্ফুটনাঙ্ক—Boiling point
স্নেহদ্রব্য—Fat ; oil